



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal  
Chazuta – Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región San Martín**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

**Bach. Luis Octavio Campos Castillo**

**ASESOR:**

**Ing. Víctor Hugo Sánchez Mercado**

**Tarapoto – Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal  
Chazuta – Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región San Martín**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

**Bach. Luis Octavio Campos Castillo**

**Sustentado y aprobado el día 14 de diciembre del 2018, ante el honorable jurado**

.....  
**Ing. Juvenal Vicente Díaz Agip**  
**PRESIDENTE**

.....  
**Ing. Iván Gustavo Reátegui Acedo**  
**SECRETARIO**

.....  
**Ing. Carlos Enrique Chung Rojas**  
**VOCAL**

.....  
**Ing. Mg. Ramiro Vásquez Vásquez**  
**ASESOR**

**Autorizado: R.N° 014-2019-UNSM/FICA-D-NLU**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

Ciudad Universitaria-Distrito de Morales-Teléfono: 521402-Anexo 122

e.mail: [fica@unsm.edu.pe](mailto:fica@unsm.edu.pe)

**NUEVA LEY UNIVERSITARIA N°30220**



**Resolución N° 014-2019-UNSM/FICA-D-NLU**

*Morales, 30 de enero del 2019*

Visto los Expedientes N°3810 y 7652-2018-UNSM/FICA, presentados por el Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, donde comunica la sanción de los docentes Ing. M.Sc. Rubén Del Panduro y el Ing. M.Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta, a la Oficina General de Administración de la UN

**CONSIDERANDO:**

Que, la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, es una Institución Educativa Superior Descentralizada, autónoma, con personería de derecho público, orientado a la investigación y a la docencia, que brinda una formación humanista, científico y tecnológico con una clara conciencia de nuestro país como realidad multicultural. Adopta el concepto de educación con derecho fundamental y servicio público esencial. Está integrado por docentes y graduados.

Que, mediante Resolución N°1116-2018-UNSM-T/CU-R/NLU, de fecha 31 de diciembre del 2018, se designa al Ing. M.Sc. Ramiro Vásquez Vásquez como Decano (e) de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto quien iniciará sus funciones a partir del 01 de enero de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2019;

Que, las Facultades gozan de autonomía académica, económica y administrativa para el desarrollo de sus actividades;

Que, con OFICIO N°315-2018-UNSM-FICA-D-NLU, de fecha 18 de abril de 2018, la FICA informa a la Dirección General de Administración que el Ing. M.Sc. Rubén Del Águila Panduro, ha sido sancionado por la Contraloría General de la República y con inhabilitación, para el ejercicio en la función pública.

Que, con OFICIO N°458-2018-UNSM-FICA-D-NLU, de fecha 31 de julio de 2018, la FICA informa a la Dirección General de Administración, con respecto a la inhabilitación del Ing. M.Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta, que la Unidad de Recursos Humanos, deberá ejecutar la inhabilitación del mencionado docente.

Que, con Resolución N°825-2018-UNSM/CU-R/NLU, de fecha 25 de setiembre de 2018, cesan en sus funciones al Docente Ing. Wilton Celis Angulo, Adscrito al Departamento Académico de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, como docente Universitario de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto a partir del 30 de setiembre del 2018 y de conformidad de los considerandos antes mencionados.

Que, con Resolución N°090-2018-UNSM-FICA-CFT/NLU, de fecha 31 de diciembre de 2018, se aprueba el goce de licencia de Año Sabático con fines de investigación o de preparación de publicaciones de carácter científico, para el Ing. M.Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado, a partir del 01 de enero de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2019.

Que, en uso de las atribuciones conferidas por la Resolución N°1116-2018-UNSM-T/CU-R/NLU, la Nueva Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.- Autorizar al Ing. Mg. RAMIRO VÁSQUEZ VÁSQUEZ**, firmar los documentos como: Informes de Ingeniería y Tesis que estén vinculados con los Ing. M.Sc. RUBÉN DEL ÁGUILA PANDURO, Ing. M.Sc. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA, Ing. M.Sc. WILTON CELIS ANGULO, Arq. Mg. PABLO CIRO SIERRALTA TINEO y el Ing. M.Sc. VÍCTOR HUGO SÁNCHEZ MERCADO, a partir del 04 de febrero de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2019.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



**Ing. Mg. RAMIRO VÁSQUEZ VÁSQUEZ**  
Decano (e)



**Ing. IVÁN GUSTAVO REÁTEGUI ACEDO**  
Secretario Académico

## Declaratoria de Autenticidad

**Luis Octavio Campos Castillo** identificado con el DNI N° 71238946, egresado de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal Chazuta – Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región San Martín**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 14 de diciembre del 2018



Bach. Luis Octavio Campos Castillo

DNI N° 71238946

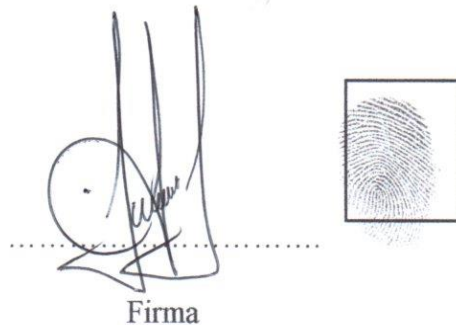


## DECLARACIÓN JURADA

**Luis Octavio Campos Castillo** identificado con el DNI N° 71238946 con domicilio legal Jr. América N° 300 - Tarapoto, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por la cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 14 de diciembre del 2018



The signature is a stylized, cursive script. The fingerprint is a clear, ridged pattern. Both are enclosed in a rectangular box. A horizontal dotted line is positioned below the signature.

Firma

**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: CAMPOS CASTILLO LUIS OCTAVIO	
Código de alumno : 123135	Teléfono: 914144650
Correo electrónico : luis campos 123135@gmail.com	DNI: 71238946

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de: INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de: INGENIERÍA CIVIL

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	( X )	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título: DISEÑO DEL PAVIMENTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CHAZUTA-SHICAYO, L=11.000KM, DISTRITO CHAZUTA PROVINCIA Y REGIÓN SAN MARTÍN.
Año de publicación: 2018

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	( X )	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



## 7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.**

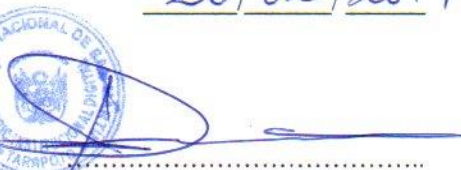


Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

26 / 02 / 2019



Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM – T.

**\* Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme permitido el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi padre Alfredo Luis Campos García, por ser la pieza fundamental para la realización de este trabajo. A mi madre Liliana Hilda Castillo Villalobos, por ser la que me brindó todo el apoyo del mundo y demostrarme siempre su cariño de la mejor forma que lo sabe hacer. A mis hermanos Alexander Santiago y Ana Cristina Campos Castillo, por compartir momentos significativos conmigo, por siempre estar dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

**Luis Octavio**

## **Agradecimiento**

Le agradezco a DIOS por haberme permitido vivir hasta este día, gracias por permitirme tener tan buena experiencia dentro de la Universidad, gracias a la Universidad Nacional de San Martín por permitir que me convierta ser un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada docente que formó parte de este proceso integral de formación.

Le doy gracias a mi papá por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad, a mi mamá por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida. Gracias a los dos por darme la oportunidad de estudiar esta carrera y ser ejemplo de mi vida y por promover el desarrollo y la unión familiar, a mis hermanos por apoyarme en aquellos momentos de necesidad y a todos ellos por llenar mi vida de grandes momentos que hemos compartido.

**Luis Octavio**

## Índice

<b>Dedicatoria.....</b>	<b>i</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>ii</b>
<b>Índice.....</b>	<b>iii</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>xv</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xvi</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>2</b>
1.1 Generalidades.....	2
1.2 Exploración preliminar orientado a la investigación.....	2
1.3 Aspectos generales del estudio.....	3
1.3.1 Características generales.....	3
1.3.1.1 Ubicación geográfica del proyecto.....	3
1.3.1.2 Vías de acceso.....	5
1.3.1.3 Aspectos climáticos.....	6
1.3.1.4 Situación actual de la vía.....	6
1.3.1.5 Área de influencia.....	6
1.3.1.6 Población beneficiada.....	6
1.3.1.7. Condiciones económicas.....	7
1.3.1.7.1 Características socio-económicas.....	7
1.3.1.7.2 Actividades principales y niveles de vida.....	8
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación, formulación del problema	
2.2 a resolver.....	10
2.1.1 Antecedentes del problema.....	10
2.1.2 Planteamiento del problema.....	11
2.1.3 Delimitación del problema.....	11
2.1.4 Formulación del problema a resolver.....	12
2.3 Objetivos.....	12
2.2.1 Objetivos generales.....	12
2.2.2 Objetivos específicos.....	12
2.3 Justificación de la investigación.....	12



2.4	Delimitación de la investigación.....	13
2.5	Marco teórico.....	14
2.5.1	Antecedentes de la investigación.....	14
2.5.2	Fundamentación teórica de la investigación.....	15
2.5.2.1.	Clasificación de carreteras.....	15
2.5.2.1.1	Según su función.....	15
2.5.2.1.2	Según el servicio.....	15
2.5.2.2.	Derecho de vía.....	15
2.5.2.2.1	Ancho normal.....	15
2.5.2.2.2	Ancho mínimo.....	16
2.5.2.3	Previsión de ensanche.....	16
2.5.2.4	Diseño geométrico.....	16
2.5.2.4.1	Distancia de visibilidad.....	16
2.5.2.4.2	Visibilidad de parada.....	16
2.5.2.5	Elementos del diseño geométrico.....	16
2.5.2.6	Alineamiento horizontal.....	17
2.5.2.6.1	Consideraciones para el alineamiento horizontal.....	17
2.5.2.6.2	Curvas horizontales.....	17
2.5.2.6.3	El peralte de la carretera.....	18
2.5.2.7	Alineamiento vertical.....	19
2.5.2.7.1	Consideraciones para el alineamiento vertical.....	19
2.5.2.8	Pendiente.....	21
2.5.2.9	Sección transversal.....	21
2.5.2.9.1	Calzada.....	21
2.5.2.9.2	Bermas.....	22
2.5.2.9.3	Ancho de la plataforma.....	23
2.5.2.9.3.1	Sobreancho.....	23
2.5.2.9.4	Plazoletas.....	23
2.5.2.9.5	Dimensiones en los pasos inferiores.....	24
2.5.2.9.6	Taludes.....	25
2.5.2.9.7	Sección transversal típica.....	26
2.5.2.9.8	Composición de tráfico.....	27
2.5.2.9	Capacidad portante del suelo de rasante.....	27
2.5.2.10	Especificaciones Para material de lastrado.....	27

2.5.2.10.1	Granulometría.....	27
2.5.2.10.2	Requisito Para el material de lastrado.....	28
2.5.2.11	Estudio de pavimentos.....	28
2.5.2.12	Diseño estructural.....	30
2.5.2.13	Tipos de tránsito.....	31
2.5.3	Marco conceptual: Definición de términos básicos.....	34
2.5.4	Marco histórico.....	34
2.6	Hipótesis.....	35
<b>CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>36</b>
3.1	Materiales.....	36
3.1.1	Recursos humanos.....	36
3.1.2	Recursos materiales y servicios.....	36
3.1.3	Recursos de equipos.....	36
3.2	Metodología de la investigación.....	36
3.2.1	Universo y/o muestra.....	36
3.2.2	Sistema de variables.....	37
3.2.3	Tipos y nivel de la investigación.....	37
3.2.3.1	Diseño del método de la investigación.....	37
3.2.4	Diseño de instrumentos.....	38
3.2.4.1	Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos.....	38
3.2.5	Procesamiento de la información.....	38
3.2.6	Análisis e interpretación de datos y resultados.....	38
<b>CAPÍTULO IV RESULTADO Y DISCUSIONES.....</b>		<b>39</b>
4.1	Estudio topográfico.....	39
4.1.1	Objetivo del estudio topográfico.....	39
4.1.2	Metodología.....	39
4.1.3	Levantamiento topográfico.....	41
4.1.3.1	Ubicación y descripción del área de estudio.....	41
4.1.3.2	Acceso al área de estudio.....	41
4.1.3.3	Condición climática.....	42
4.1.3.4	Altitud de la zona.....	42
4.1.4	Recopilación de la información.....	42
4.1.5	Trabajo de campo.....	42
4.1.5.1	Reconocimiento del área de estudio.....	43

4.1.5.2	Monumentación de los puntos de control.....	43
4.1.5.3	Polígonos básicos.....	43
4.1.5.4	Medición de ángulos horizontales y verticales.....	43
4.1.5.5	Cálculo del ángulo horizontal.....	44
4.1.5.6	Cálculo del ángulo vertical.....	44
4.1.5.7	Medición electrónica de distancia.....	44
4.1.5.8	Corrección del error de refracción y curvatura.....	45
4.1.5.9	Corrección atmosférica.....	45
4.1.5.10	Enlace con el sistema de control horizontal IGN.....	46
4.1.5.11	Replanteo de estructuras existentes.....	46
4.2	Estudio de suelos.....	47
4.2.1	Introducción.....	47
4.2.2	Objetivo del estudio.....	47
4.2.3	Exploración de campo.....	48
4.2.4	Ensayos de laboratorio.....	49
4.2.5	Clasificación y descripción de los suelos.....	50
4.2.5.1	Granulometría.....	50
4.2.5.2	La Plasticidad.....	51
4.2.5.3	Equivalente de arena.....	52
4.2.5.4	Índice de grupo.....	53
4.2.5.5	Humedad natural.....	53
4.2.5.6	Clasificación de los suelos.....	54
4.2.5.7	Ensayos de C.B.R.....	54
4.2.6	Informe de exploración.....	56
4.2.6.1	Perfil estratigráfico.....	56
4.2.6.2	Descripción del perfil estratigráfico.....	56
4.2.7	Nivel freático.....	66
4.2.8	Análisis del valor de soporte de C.B.R.....	66
4.2.8.1	De la subrasante.....	66
4.2.9	Estudio de canteras y fuentes de agua.....	70
4.2.9.1	Fuente de material (canteras ).....	70
4.2.10	Fuentes de agua.....	81
4.2.10.1	Ubicación.....	81
4.2.10.2	Ensayos de laboratorio.....	82



4.2.10.3 Muestreo.....	82
4.3 Estudio de impacto ambiental.....	83
4.3.1 Identificación de impactos ambientales.....	83
4.3.1.1 Metodología.....	83
4.3.1.2 Elaboración de matriz de Leopold.....	83
4.4 Estudio de tráfico.....	89
4.4.1 Introducción.....	89
4.4.2 Criterios a considerar para un estudio de tráfico vehicular.....	89
4.4.3 Metodología.....	92
4.4.4 Velocidad y tiempo de viaje.....	96
4.5 Diseño de pavimento.....	100
4.5.1 Diseño de pavimento a nivel de afirmado.....	100
4.5.2 Características geométricas del tramo a mejorar.....	111
4.6 Obras de arte.....	111
4.7 Sistema de señalización.....	114
<b>CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>119</b>
5.1 Estudio topográfico.....	119
5.2 Estudio de impacto ambiental.....	119
5.3 Estudio de suelos.....	120
5.4 Estudio de tráfico.....	121
5.5 Estudio de pavimento.....	121
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>123</b>
6.1 Conclusiones.....	123
6.2 Recomendaciones.....	126
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>130</b>
<b>PANEL FOTOGRÁFICO.....</b>	<b>131</b>
<b>ESTUDIO DE SUELOS, CANTERAS Y FUENTES DE AGUA.....</b>	<b>137</b>
<b>PLANOS.....</b>	<b>439</b>

## Índice de figuras

Figura 1:	Elementos de una curva simple.....	18
Figura 2:	Altura Libre en Túneles (Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito).....	24
Figura 3:	Sección típica de una carretera a media ladera.....	26
Figura 4:	Catálogo de capas de revestimiento granular.....	33
Figura 5:	Metodología de la evaluación de impactos.....	85
Figura 6:	Cuadro Percentil al 75%.....	108
Figura 7:	Curvas de diseño elaborados por el cuerpo de ingenieros del ejército norteamericano .....	110

## Índice de planos

Plano de planta perfil longitudinal Prog. 0+000 – 1+000 km.....	PPL – 01
Plano de planta perfil longitudinal Prog. 1+000 – 2+000 km.....	PPL – 02
Plano de planta perfil longitudinal Prog. 2+000 – 3+000 km.....	PPL – 03
Plano de planta perfil longitudinal Prog. 3+000 – 4+000 km.....	PPL – 04
Plano de planta perfil longitudinal Prog. 4+000 – 5+000 km.....	PPL – 05
Plano de planta perfil longitudinal Prog. 5+000 – 6+000 km... ..	PPL – 06
Plano de planta perfil longitudinal Prog. 6+000 – 7+000 km... ..	PPL – 07
Plano de planta perfil longitudinal Prog. 7+000 – 8+000 km... ..	PPL – 08
Plano de planta perfil longitudinal Prog. 8+000 – 9+000 km... ..	PPL – 09
Plano de planta perfil longitudinal Prog. 9+000 – 10+000 km... ..	PPL – 10
Plano de planta perfil longitudinal Prog. 10+000 – 11+000 km.....	PPL – 11
Plano de secciones transversales Prog. 0+000 – 1+200 km.....	ST – 01
Plano de secciones transversales Prog. 1+220 – 2+500 km.....	ST – 02
Plano de secciones transversales Prog. 2+520 – 3+900 km.....	ST – 03
Plano de secciones transversales Prog. 3+920 – 5+020 km.....	ST – 04
Plano de secciones transversales Prog. 5+040 – 6+324 km.....	ST – 05
Plano de secciones transversales Prog. 6+334 – 7+550 km.....	ST – 06
Plano de secciones transversales Prog. 7+560 – 8+580 km.....	ST – 07
Plano de secciones transversales Prog. 8+600 – 9+560 km.....	ST – 08
Plano de secciones transversales Prog. 9+570 – 10+480 km.....	ST – 09
Plano de secciones transversales Prog. 10+490 – 11+360 km.....	ST – 10
Plano de secciones transversales típicas Prog. 00+000 – 11+000 km.....	STT – 01



## Resumen

El presente trabajo de Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, se ha desarrollado con la finalidad de efectuar un aporte técnico-científico para contribuir a resolver un problema de transitabilidad de una vía, que al ser ejecutado permitirá contar con un Camino Vecinal que coadyuvará al desarrollo socioeconómico de la población beneficiada.

La investigación es de tipo aplicada y se ha llevado a cabo por la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín, desarrollando el proyecto en el Distrito de Chazuta, Provincia de San Martín, en la Región San Martín. Este trabajo se ha desarrollado aplicando sobre el terreno las teorías y normas existentes de topografía, mecánica de suelos, tráfico, caminos y otros afines, y que han permitido contar con el **Diseño del Pavimento a nivel de afirmado del Mejoramiento del Camino Vecinal Chazuta – Shilcayo, L= 11.00 Km.**

Los resultados evidencian a todas luces que es posible lograr, a partir de la correcta aplicación de las teorías, estudios y resultados contundentes, que luego del análisis medido puede ser presentado el diseño del pavimento a nivel de afirmado, evaluando su factibilidad en todo su contexto, optimizando su vialidad.

Para la investigación desarrollada del diseño del pavimento del Mejoramiento del Camino vecinal en estudio, se emplearon los métodos de ingeniería conocidos para estos tipos de estudios, en dos fases de trabajo: de campo y gabinete

Durante la Fase de campo se realizó la evaluación e inventario de la vía actual: definición del trazo final, levantamiento topográfico de la vía, consistente en el trazo, nivelación, seccionamiento y colocación de Bench Mark, ejecución de 23 calicatas a lo largo de la vía para los estudios de mecánica de suelos; estudio de tráfico, necesario para el diseño del pavimento de dicha vía.

En la Fase de gabinete se procedió a procesar e interpretar los datos de campo obtenidos, se realizó los diferentes ensayos de mecánica de suelos y se procesó los planos topográficos y el estudio de tráfico, de igual forma se realizó el diseño del pavimento a nivel de afirmado.

Los resultados de la Investigación evidencian a todas luces que es posible lograr, a partir de la correcta aplicación de las teorías, estudios y resultados contundentes, utilizar el Diseño del Pavimento en el estudio definitivo de dicho Camino Vecinal.

**Palabras clave:** Diseño, afirmado, camino vecinal, mejoramiento, pavimento.

## Abstract

The present work of Thesis for opting for the Professional Title Civil Engineer, has been developed with the purpose of carrying out a technical-scientific contribution to help solve a problem of walkability of a track, which when executed will provide a road that would contribute to the socio-economic development of the beneficiary population.

The research is applied and has been carried out by the Faculty of Civil Engineering and Architecture, of the National University of San Martín. This work has been developed by applying On the ground the theories and existing standards of topography, soil mechanics, traffic, roads and other related services and have allowed the design of the pavement at the level of stated the improvement of Road Chazuta - Shilcayo, L= 11.00 Km.

The results show that it is possible to achieve, from the correct application of theories, studies and conclusive results, that after the measured analysis can be presented the design of the pavement at the level of stated, evaluating its feasibility in its full context, optimizing its roads.

For the research developed the design of the pavement of the improvement of road in study, engineering methods known for these types of studies, in two phases of work: field and cabinet .

During the field phase of the evaluation and inventory of the current path: definition of the stroke end, topographic survey of the track, consisting of the stroke, leveling, switching and placement of Bench Mark, execution of 23 trial pits along the track for studies in soil mechanics; traffic study, necessary for the design of the paving of the road.

In the phase of cabinet proceeded to process and interpret field data obtained, the different trials in soil mechanics and process the topographical plans and the traffic study, carried out the design of the pavement at the level of stated.

**Keywords:** Design, affirmed, neighborhood road, improvement, pavement.



## Introducción

El presente trabajo de tesis, se desarrolla en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto como una contribución a la sociedad, debido a la problemática vial de nuestro departamento, y las localidades que requieren desarrollarse.

El aporte consiste en diseñar el pavimento a nivel de afirmado en el sector rural de la provincia de San Martín, donde se aprecia el mal estado de los caminos vecinales, es así que nace la idea de elaborar el proyecto de tesis denominado **“Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal Chazuta – Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región san Martín”**, el mismo que nos permitirá utilizarlo cuando se elabore el expediente técnico del proyecto y de esta manera colaborar al desarrollo de las localidades que se encuentran ubicadas a lo largo del proyecto, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad una investigación que servirá como base para futuros proyectos de desarrollo.



# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 Generalidades

El presente trabajo de tesis, se desarrolla en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto como una contribución a la sociedad, debido a la problemática vial de nuestro departamento, y las localidades que requieren desarrollarse.

El aporte consiste en diseñar el pavimento a nivel de afirmado en el sector rural de la provincia de San Martín, donde se aprecia el mal estado de los caminos vecinales, es así que nace la idea de elaborar el proyecto de tesis denominado **“Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal Chazuta – Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región san Martín”**, el mismo que nos permitirá utilizarlo cuando se elabore el expediente técnico del proyecto y de esta manera colaborar al desarrollo de las localidades que se encuentran ubicadas a lo largo del proyecto, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad una investigación que servirá como base para futuros proyectos de desarrollo.

### 1.2 Exploración preliminar orientando la investigación

En la actualidad el país busca un desarrollo integral en base a la eficiencia y calidad de servicios, garantizando para ello la seguridad a los inversionistas privados a fin de facilitar las condiciones de invertir en todos los campos de la actividad económica, y por tanto, el departamento de San Martín no está ajeno a esta realidad, por lo que es necesario e imprescindible estar acorde a la dinámica de desarrollo a fin de no quedarnos marginados, social, cultural y económicamente, y siempre estar a la vanguardia de los cambios estructurales que sufre el país en su conjunto.

El desarrollo de una nación depende en gran medida, de la extensión y el estado de su red vial. Los caminos y las carreteras condicionan a la capacidad y velocidad de movilización de personas y mercaderías, aspectos que repercuten directamente en el progreso social, político y económico.

En el departamento de San Martín, es necesario un plan de desarrollo de la red vial tanto en las carreteras de carácter nacional, así como las carreteras del sistema departamental y vecinal; para que integren la unidad del país, de manera que los pueblos interconectados por

la red vial, puedan satisfacer sus necesidades de consumo, además de elevar el nivel social, cultural y económico de sus habitantes.

En nuestra región se puede apreciar que aún existen distritos, centros poblados que no cuentan con sus carreteras y en el mejor de los casos si existen estas, en su mayor parte son caminos vecinales que se encuentran en malas condiciones y que no cumplen con las condiciones mínimas para un eficiente servicio.

Entendiendo así la trascendental importancia de las redes viales y frente a la imperiosa necesidad de contar con un sistema vial eficiente que genere progreso y bienestar social, se ha elaborado el presente trabajo de tesis, denominado **“Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal Chazuta – Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región san Martín”**.

### **1.3 Aspectos generales del estudio**

#### **1.3.1 Características generales**

##### **1.3.1.1 Ubicación geográfica del proyecto**

El presente Camino vecinal se encuentra ubicado en el Distrito de Chazuta correspondiente a la provincia de San Martín.

El Camino Vecinal se inicia en el Km 0+000 (Chazuta) y termina en el Km 11+000 (localidad de Shilcayo).

#### **Aspecto político**

Región:	San Martín
Departamento:	San Martín
Provincia:	San Martín
Localidad:	Banda de Shilcayo Chazuta

## Ubicación

---

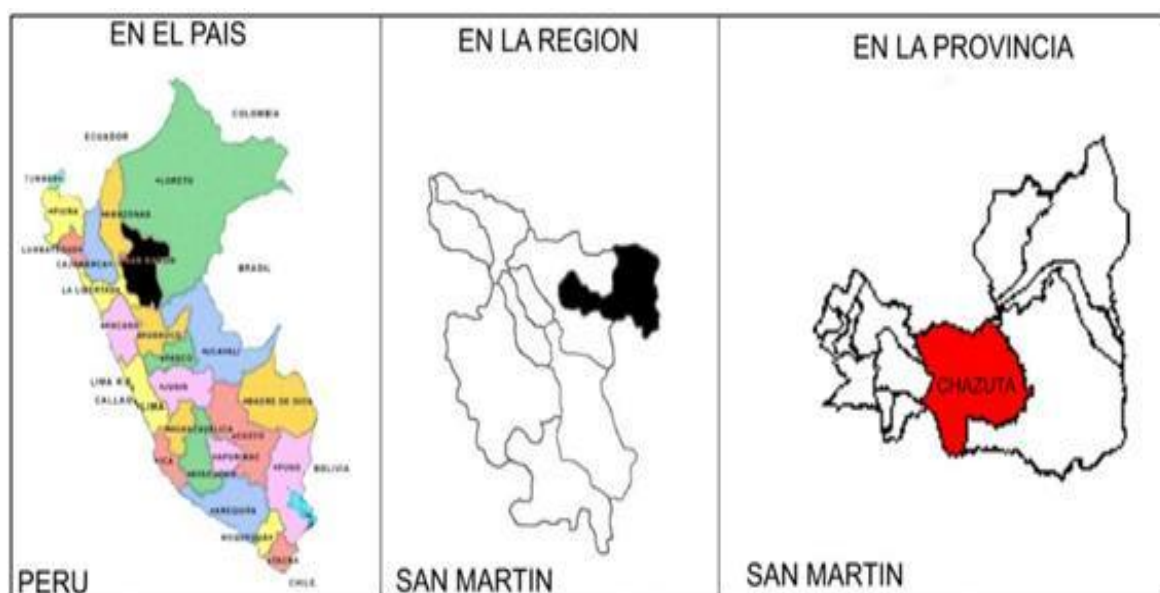
Región:	San Martín
Departamento:	San Martín
Provincia:	San Martín
Distrito:	Chazuta
Latitud Sur:	06° 36' 15''
Longitud Oeste:	76° 10' 30''
Altitud ( m.s.n.m. ):	260

---

La Provincia de San Martín se encuentra ubicada en las coordenadas 06° 31' 30" latitud sur y 76° 22' 50" latitud oeste, a 333 metros sobre el nivel del mar en la capital, con una superficie de 5,639.82 km<sup>2</sup>.

## Ubicación del Proyecto





### 1.3.1.2. Vías de acceso

El acceso a la localidad de Chazuta, partiendo de la ciudad de Tarapoto hacia el sur es a través de la carretera Arq. Fernando Belaúnde Terry la cual tiene una superficie de rodadura a nivel de carpeta asfáltica en buenas condiciones de transitabilidad, se recorre 13 km por esta vía hasta llegar al óvalo Puente Colombia, donde inicia la Carretera Departamental Ruta SM-106, la cual se encuentra a nivel de carpeta asfáltica en el tramo Óvalo Puente Colombia – Shapaja - Chazuta, el tramo Ovalo Puente Colombia – Shapaja tiene una longitud de 8 km y el tramo Shapaja – Chazuta tiene una longitud de 22 km. sumando un total de 30 km, es pertinente indicar que el tramo Óvalo puente Colombia – Shapaja – Chazuta se encuentra en constante mantenimiento por parte del Gobierno Regional de San Martín, lo cual garantiza su transitabilidad,.

En la localidad de Chazuta se inicia el presente proyecto, para continuar por las localidades de Tununtunumba, Llucanayacu y Shilcayo ubicado en el Pk. 11+000.

Chazuta cuenta con un puerto fluvial en el río Huallaga, mediante el cual se comunica con los distritos de Chipurana y Huimbayoc y demás pueblos y caseríos del bajo Huallaga; a través del río Huallaga.

### 1.3.1.3. Aspectos climáticos

La zona en estudio está ubicada en la región de selva alta (Ceja de Selva) entre los 150 y 1700 m.s.n.m. Presenta un relieve ondulado con pendientes que varía entre 2.70% y 12.40%.

Presenta un clima semi-seco-cálido, con una temperatura promedio anual de 26°C, siendo la temperatura máxima 38.6° C, y la mínima 13.5° C, tiene una humedad relativa de 78.5%, siendo la máxima 80% y la mínima 77%.

La precipitación promedio anual es de 1,157 mm, siendo los meses de mayores lluvias: febrero, marzo y abril. La dirección predominante de los vientos es el norte, con una velocidad promedio anual de 4.9 Km/h.

### 1.3.1.4. Situación actual de la vía

A principios del año 2000, el Programa de Desarrollo Alternativo inicio la construcción de la carretera desde Chazuta hasta Shilcayo, en una longitud de 11.00 Km, con afirmado granular de 20 cms. la misma que se encuentra en pésimo estado de transitabilidad.

Los sectores en donde es necesario mejorar la subrasante, son los siguientes:

Del Km	Al Km	Longitud ( m )
00+750	01+250	500.00
02+250	06+250	4,000.00
06+750	08+250	1,500.00
08+750	11+000	2,250.00

### 1.3.1.5 Área de influencia

Con la realización de este proyecto de tesis y posterior ejecución, se verán influenciados en su desarrollo, socioeconómico y cultural, las localidades de Shilcayo y Chazuta, distrito de Chazuta –Provincia de San Martín.

### 1.3.1.6. Población beneficiada

Con la ejecución del Proyecto de tesis en mención se beneficiará la localidad de Chazuta, localidad de Shilcayo del distrito de Chazuta.

La población directamente beneficiada es de 8,556 habitantes, correspondiente al distrito de Chazuta. Esta población ha sido censada al año 2007 según información del INEI (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática), distribuyéndose de la siguiente manera:

Por lo tanto, la población directa beneficiada es de 8,556 habitantes según el censo de población Año 2007, como se muestra en la Tabla N° 01.

**Tabla 1**

*Población censada por Provincia y Distrito; Departamento de San Martín, según Censos 1993 y 2007*

Provincia/Distrito	1993	2007
<b>San Martín</b>	<b>118,069</b>	<b>161,132</b>
Tarapoto	54,581	68,295
Alberto Leveau	1,109	827
Cacatachi	2,219	2,978
Chazuta	8,600	8,556
Chipurana	1,852	1,871
El Porvenir	1,157	2,062
Huimbayoc	6,089	4,351
Juan Guerra	3,142	3,224
La Banda de Shilcayo	13,558	29,111
Morales	14,241	23,561
Papaplaya	3,441	2,548
San Antonio	1,560	1,460
Sauce	4,568	10,598
Shapaja	1,952	

**Fuente:** INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, Censos Nacionales de Población y Vivienda 1972, 1981, 1993 y 2007 – Oficina Zonal San Martín-Tarapoto.

### **1.3.1.7. Condiciones económicas**

#### **1.3.1.7.1 Características socio-económicas**

La población total del ámbito de influencia de la carretera es de **8,556 habitantes** del distrito de Chazuta (Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática).

La Provincia de San Martín tiene una **Tasa de Crecimiento Promedio Anual de 2.2 %** y el distrito de Chazuta tiene una **Tasa de Crecimiento Promedio Anual de 0.0 %, con respecto al período 1993 - 2007**, como se ve en la Tabla N° 02.



**Tabla 2**

*Población censada por Provincia y Distrito; Departamento de San Martín, según Censos 1972, 1981, 1993 y 2007*

<b>Provincia/Distrito</b>	<b>1972-1981</b>	<b>1981-1993</b>	<b>1993-2007</b>
<b>San Martín</b>	<b>3.2</b>	<b>1.8</b>	<b>2.2</b>
Tarapoto	5.7	3.5	1.6
Alberto Leveau	1.5	0.4	-2.1
Cacatachi	3.0	3.6	2.1
Chazuta	2.0	1.0	0.0
Chipurana	-4.8	0.0	0.1
El Porvenir	-0.2	2.7	4.2
Huimbayoc	6.8	4.5	-2.4
Juan Guerra	1.0	0.7	0.2
La Banda de Shilcayo	5.8	6.1	5.6
Morales	3.8	9.3	3.7
Papaplaya	-1.7	2.3	-2.1
San Antonio	-2.1	0.1	-0.5
Sauce	2.1	5.2	6.2
Shapaja	0.2	1.2	-1.0

**Fuente:** INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, Compendio Estadístico 2010  
Departamento de San Martín

En cuanto al movimiento emigratorio, este proceso se da en 2 sentidos: el flujo migratorio interno que está definido, principalmente desde las ciudades a las áreas rurales del interior del departamento, y el flujo migratorio externo o extra departamental, con las principales ciudades como son: Bellavista, Mariscal Cáceres Tocache Lima, Moyobamba, Chiclayo, Lambayeque, Trujillo, Cajamarca y Amazonas.

#### **1.3.1.7.2. Actividades principales y niveles de vida**

La actividad preponderante es sin duda la actividad agropecuaria y también la actividad ganadera.

Los cultivos que producen principalmente son el Café y el Cacao y como forma complementaria plátano, frijol, Maíz entre otros, los cuales no les remunera mucho, por el mal estado de la vía y, la ganadería en poca proporción.

Los productos agropecuarios que se comercializan en el mercado regional son de un número reducido de personas que poseen mayor cantidad de tierras y ganados y que el volumen de producción les permite cubrir los costos altos de transporte que implica evacuar sus productos hacia el mercado local; sin embargo la mayoría produce sólo para el autoconsumo; el intercambio de sus productos mediante el trueque y un mínimo volumen de comercialización debido a la carencia de una carretera transitable que les facilite evacuar a bajo costo su producción hacia los mercados de consumo, situación que será superada cuando se ejecute el estudio definitivo del presente proyecto.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación, formulación del problema a resolver**

##### **2.1.1 Antecedentes del problema**

Para poder desarrollar este proyecto de tesis debemos de tener en cuenta los conocimientos adquiridos en las distintas asignaturas desarrolladas en pre grado como Topografía, Caminos I, Caminos II, Pavimentos y Mecánica de Suelos, la integración de estas Asignaturas nos dará como resultado el diseño del pavimento a nivel de afirmado del Proyecto en mención, La Red Vial Nacional, Departamental, Vecinal y la infraestructura vial urbana del Perú, tiene especial importancia como base para el progreso y bienestar económico y social de los distritos, constituyéndose en integrador y facilitador del intercambio social, cultural y económico de los pueblos, asimismo facilita enormemente la implementación de otros proyectos en Salud, Educación, y Producción,

Las vías nacionales, departamentales, vecinales e infraestructura vial urbana entonces, son un valioso patrimonio nacional que se debe promover, cuidar y preservar mediante políticas adecuadas de gestión y mantenimiento adecuado y oportuno que permita una transitabilidad satisfactoria para los usuarios.

Se ha demostrado, que un apropiado diseño y mantenimiento de la red vial nacional, departamental, vecinal y urbana disminuye significativamente los costos de operación de los vehículos, reduce los tiempos de recorrido, mejora la comodidad para la circulación vehicular y aminora los accidentes de tráfico por causa del mal estado de la vía, todo lo cual facilita el acceso de los bienes producidos en las localidades apartadas hacia los centros consumidores y ayuda a expandir los servicios públicos de diferente índole en las zonas rurales.

Se ha encontrado, dentro del ámbito de la Región San Martín, la realización de Proyectos como **“Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal Chazuta – Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región san Martín”**

En el Departamento de San Martín, como en todas las regiones de nuestro territorio, uno de los grandes problemas que atrasa el desarrollo integral, es entre otros, principalmente la falta y la intransitabilidad de las vías de comunicación, lo que impide el desarrollo de los pueblos. El distrito de Chazuta como la localidad de Shilcayo, por años han tratado de lograr su desarrollo Socio - Económico, y uno de los problemas que afrontan los pobladores de las

mencionadas localidades, es la intransitabilidad de la carretera de acceso que les permita comercializar sus productos agrícolas con los principales mercados de abastos de una forma rápida. Por lo tanto, es de vital importancia el mejoramiento de la carretera que integre los pueblos antes mencionados con las redes viales principales Arq° Fernando Belaúnde Ferry, para que logren desarrollar sus objetivos socio - económicos ansiados y postergados.

### **2.1.2 Planteamiento del problema**

En la solución de los problemas sociales y económicos del País, y en particular para aumentar la calidad de vida de la población rural y urbana, así como para un mejor desarrollo en la comunicación entre el campo y la ciudad, y de esta manera propiciando que la población rural y urbana cuente con un sistema vial rápido, económico y seguro hacia los mercados de consumo a nivel nacional e internacional. Es por ello que al mejorar una superficie de rodadura, trae mejores oportunidades para el desarrollo de un pueblo, ciudad y el país entero.

En la Región San Martín, es necesario un plan de mejoramiento de la red vial, tanto en las carreteras de carácter Nacional, así como las carreteras del sistema Departamental y Vecinal y de igual manera el sistema vial urbano, para que integren la unidad del país, de manera que los pueblos interconectados por carreteras puedan satisfacer sus necesidades de consumo, además de elevar el nivel social, cultural y económico de sus habitantes.

El problema que actualmente existe en las carreteras e infraestructura vial urbana es el deterioro continuo del pavimento, ya que esto se da por motivos de mal diseño o por problemas geológicos que puede tener la zona. Es por eso que debemos tener en cuenta la gran importancia que tienen los estudios de suelos, la geología, la geotecnia, la topografía, el índice de tránsito y el tipo de tráfico para un buen diseño estructural del pavimento.

El tramo de carretera existente entre la localidad de Chazuta y la localidad de Shilcayo, presenta en la actualidad problemas de intransitabilidad; por el mal estado que se encuentra dicha vía solamente es transitable en época de verano, no permitiendo sacar sus productos a los mercados regionales y nacionales.

### **2.1.3 Delimitación del problema**

El problema está delimitado al **camino vecinal Chazuta – Shilcayo, L=11.000 km, distrito Chazuta, provincia San Martín**

El mejoramiento de éste importante camino vecinal permitirá facilitar el tránsito vehicular de la zona, propiciando el desarrollo de los pueblos involucrados, a través de la cual, los pequeños y medianos agricultores, madereros o ganaderos podrán trasladar sus productos hacia los mercados de comercialización en cualquier época del año con la mayor facilidad del caso.

#### **2.1.4 Formulación del problema a resolver**

Los pobladores de la localidad de Chazuta y la localidad de Shilcayo, del distrito de Chazuta tienen la necesidad de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse con la carretera Arq° Fernando Belaunde Terry, y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio.

De manera que es necesario responder la siguiente interrogante: **¿En qué medida el diseño del pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal Chazuta - Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región San Martín”, será utilizado en la elaboración del estudio definitivo y cuando se ejecute mejorará las condiciones socioeconómicas de la población de estas localidades y anexos?**

## **2.2 Objetivos**

### **2.2.1 Objetivo general.-**

Realizar el **diseño del pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal Chazuta - Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región San Martín**

### **2.2.2 Objetivos específicos.**

Ejecutar los estudios de Topografía, Mecánica de Suelos, e Impacto Ambiental, para el diseño del pavimento del tramo propuesto.

Elaborar el estudio de tráfico en el área del proyecto.

Diseño del Pavimento a nivel de afirmado por el método de NAASRA.

Diseño de obras de arte funcional y económicas para la vía

Dotar a la vía de un buen sistema de señalización

## **2.3 Justificación de la investigación**

La infraestructura vial existente se encuentra en pésimas condiciones, debido a la falta de una capa de afirmado, obviado en la etapa inicial de apertura del camino vecinal, y por las

condiciones climatológicas adversas como son; las fuertes precipitaciones que se dan en la zona, así como también la acumulación de agua de lluvia en ciertos tramos, convierte esta carretera en intransitable en épocas de invierno, creando un ambiente inadecuado de traslado de los grandes volúmenes de producción hacia los mercados de consumo y su integración tanto regional como nacional.

En forma general, se puede afirmar que el Camino Vecinal Chazuta - Shilcayo, Distrito Chazuta, Provincia San Martín se encuentra afectada en todo su Longitud, motivo por el cual la transitabilidad, resulta inadecuada, puesto que los costos de transporte y los tiempos de viaje aumentan, bajo las condiciones indicadas en el párrafo anterior. Asimismo, en algunas ocasiones originan un flujo vehicular restringido, lo que conlleva a que los productos de la zona no lleguen oportunamente al mercado, y la producción tienda a perderse, así como también se tiene la pérdida de horas hombre por los largos tiempos de viaje y por consiguiente la población referenciada presenta dificultad para acceder a servicios básicos como son: educación y salud.

Es de interés para la población que esta situación sea corregida o solucionada, demandando trabajos de Mejoramiento de su vía, con la finalidad de garantizar el flujo vehicular constante, durante todo el año y por consiguiente asegurar mejores ingresos económicos a sus familias.

Entendida así la trascendental importancia de las redes viales y dadas las condiciones socio - económicas actuales de las Localidades de Chazuta y Shilcayo debido a que entre otros factores no cuenta con una carretera de acceso rápida, que le permita lograr su desarrollo integral está debidamente Justificado la materialización del presente Proyecto de Tesis que va a ser utilizado en el estudio definitivo de dicho camino vecinal.

## **2.4 Delimitación de la investigación**

La investigación se limita a efectuar el **diseño del pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal Chazuta - Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región San Martín** lo que demanda encontrar todos los argumentos justificatorios tanto sociales, económicos y técnicos, que permiten tener un proyecto sustentable para que sea utilizado en el estudio definitivo de dicho camino vecinal.



## **2.5 Marco teórico**

### **2.5.1 Antecedentes de la investigación**

El **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)**, ha elaborado el “Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, documento básico que proporciona la normativa a considerar para la elaboración del presente trabajo de tesis.

El **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)**, también ha elaborado las “Especificaciones Técnicas de Rehabilitación Mejoramiento y Mantenimiento de Caminos Vecinales”, documento que proporciona información referente al detalle de las especificaciones técnicas consideradas que se usan en el presente trabajo.

**Valle Rodas, Raúl**, en su Texto de Carreteras, Calles y Aeropistas, nos presenta información sobre los principios generales de mecánica de suelos aplicados a la pavimentación, así como métodos de cálculo de pavimentos flexibles.

**Ríos Vargas, Caleb**, en el año 2000, presentó un trabajo denominado: “Diseño Geométrico y Asfaltado de La Avenida Circunvalación - Tarapoto”, por el cual define el diseño de una vía.

**Cosavalente Vela, Nery**, en el año 2005, presentó un trabajo denominado “Asfaltado Jr. Alfonso Ugarte Tarapoto: Presupuesto y Programación, Tramo I: Km 0+000 - Km 1+122.683”.

**Ponce Torres, Juan**, en el año 2010, presentó un trabajo denominado “Estudio definitivo a nivel de ejecución del Camino Vecinal Calzada - Sector Potrerillo Tramo: Km 0+000 - Km 2+920”.

**Bardales Bartra, Jorge Luis**, en su tesis: Estudio Definitivo para el Mejoramiento del Camino Vecinal Tioyacu – La Victoria tramo: km 0 + 000 – km 4 + 520 (pág.53), nos indica los criterios para el diseño de pavimentos en una infraestructura.

## **2.5.2 Fundamentación teórica de la investigación**

### **2.5.2.1 Clasificación de carreteras**

#### **2.5.2.1.1 Según su función**

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (pág 8), vías que conforman el mayor porcentaje del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), establece que “por su función las carreteras se clasifican en:

- a) Carreteras de la Red Vial Nacional.
- b) Carreteras de la Red Vial Departamental o Regional.
- c) Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural”.

#### **2.5.2.1.2 Según el servicio**

Asimismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, según norma establece que, a pesar que las Normas peruanas para Diseño de Carreteras no considera una sub clasificación de los Caminos Vecinales, “la Oficina de Asesoría Técnica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha emitido el proyecto de Normas para el Diseño de Caminos Vecinales que complementa a las Normas Viales vigentes con el propósito de lograr un aprovechamiento más racional de las inversiones”.

A continuación, se detalla la subclasificación de los caminos vecinales y según la cual se considera al presente proyecto como un camino vecinal tipo CV – 3

Camino CV - 1 tráfico de diseño con un IMD entre 100 y 200 veh/día.

Camino CV - 2 tráfico de diseño con un IMD entre 30 y 100 veh/día.

Camino CV - 3 tráficos de diseño con un IMD hasta 30 veh/día.

Trochas carrozables - Sin IMD definido”.

### **2.5.2.2 Derecho de vía**

#### **2.5.2.2.1 Ancho normal**

El MTC, en su Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001), pág. 64 establece que “La faja de dominio o derecho de vía, dentro de la que se encuentra la carretera y sus obras complementarias, se extenderá hasta 5.00 m más allá del borde de los cortes, del pie de los terraplenes o de borde más alejado de las obras de drenaje que eventualmente se construyen”.

#### **2.5.2.2.2 Ancho mínimo**

El MTC, en su Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001), pág. 64., también precisa que “en zona Urbana el ancho necesario no será menor de 10.00 mts, es decir 5.00 mts. a cada lado del eje.

En zona de Cultivo el ancho requerido no será menor de 15 m.

En zona de Montaña el ancho requerido será de 20 m”.

#### **2.5.2.3 Previsión de ensanche**

Asimismo, que “en zonas donde es frecuente el tránsito de animales de carga y ganado que no pueda ser desviado por caminos de herradura, se ampliará la faja de dominio en un ancho suficiente”.

#### **2.5.2.4 Diseño geométrico**

##### **2.5.2.4.1 Distancia de visibilidad**

El MTC en su Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, pág. 17, establece que “Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera que es visible al conductor del vehículo. En diseño, se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia”.

##### **2.5.2.4.2 Visibilidad de parada**

El MTC en su Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, pág. 17. Indica que “Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera”.

##### **2.5.2.5 Elementos del diseño geométrico**

El Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, elaborado por el MTC, indica en su página 16, lo siguiente:

“Los elementos que definen la geometría de la carretera son:

- a) La velocidad de diseño seleccionada.
- b) La distancia de visibilidad necesaria.
- c) La estabilidad de la plataforma de la carretera, de las superficies de rodadura, de puentes de obras de arte y de los taludes.
- d) La preservación del medio ambiente”.

#### **2.5.2.6 Alineamiento horizontal**

El Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (en adelante el Manual), elaborado por el MTC, indica lo siguiente:

##### **2.5.2.6.1 Consideraciones para el alineamiento horizontal**

El Manual en su página 19, establece que “el alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los Vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible.

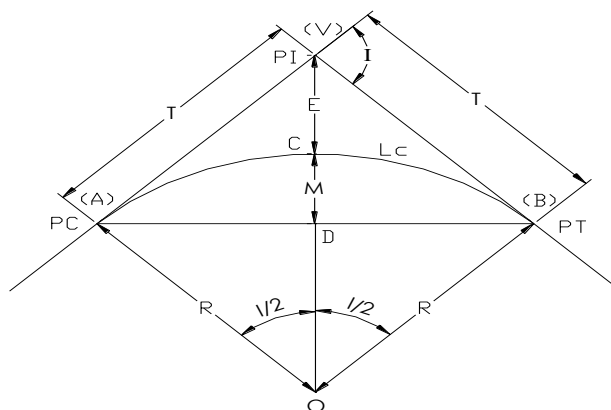
El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección. El trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición”.

##### **2.5.2.6.2 Curvas horizontales**

También el Manual en su página 20, indica que “el mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción para una velocidad directriz determinada”. En la Tabla N° 04 (cuadro N° 3.2.6.1b) se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz.

“En el alineamiento horizontal de un tramo carretero diseñado para una velocidad directriz, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo”. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

**Elementos de curvas horizontales.** Los elementos de curvas horizontales que permiten su ubicación y trazo en el campo, son:



ELEMENTOS DE UNA CURVA SIMPLE

**Figura 1:** Elementos de una curva simple**Tabla 3***Elementos de curvas simples.*

Elemento	Símbolo	Fórmula
Tangente	T	$T = R \tan ( I / 2 )$
Longitud de curva	Lc	$Lc = \frac{\pi R I}{180^\circ}$
Cuerda	C	$C = 2 R \text{ Sen } ( I / 2 )$
Externa	E	$E = R [ \text{Sec } ( I / 2 ) - 1 ]$
Flecha	F	$f = R [ 1 - \text{Cos } ( I / 2 ) ]$

**Fuente:** Cárdenas Grisales, James, Diseño Geométrico De Carreteras. pág. 36.**2.5.2.6.3 El peralte de la carretera**

El Manual, elaborado por el MTC, en su página 22, indica lo siguiente: Se denomina **peralte** a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

El mínimo radio ( $R_{\min}$ ) de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte ( $e_{\max}$ ) y el factor máximo de fricción ( $f_{\max}$ ) seleccionados para una velocidad directriz ( $V$ )". El valor del radio mínimo puede ser calculado por la expresión:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 (0.01 e_{\max} + f_{\max})}$$

**Tabla 4**

*Radio mínimos y peraltes máximos en curvas*

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción f <sub>mx</sub>	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.00	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

**Fuente:** Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

### 2.5.2.7 Alineamiento vertical

#### 2.5.2.7.1 Consideraciones para el alineamiento vertical

El Manual en su página 31, establece que “en el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.



Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas.

El sistema de cotas del proyecto se referirá en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

A efectos de definir el perfil longitudinal, se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continua entre tramos con pendientes diferentes.

Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos suficientemente justificados:

En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada.

Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje.

En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.

En terreno montañoso y en terreno escarpado, también se acomodará la rasante al relieve del terreno evitando los tramos en contra pendiente cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.

Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica podrán emplearse en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.

Rasantes de lomo quebrado (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta), deberán ser evitadas siempre que sea posible. En casos de curvas convexas, se generan largos sectores con visibilidad restringida y cuando son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se generan confusiones en la apreciación de las distancias y curvaturas”.

### 2.5.2.8 Pendiente

El Manual, en su página 32, indica que “en los tramos en corte, se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%”.

### 2.5.2.9 Sección transversal

#### 2.5.2.9.1 Calzada

El Manual en su página 36, indica que “en el diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico  $IMDA < 50$ , la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril. En los demás casos, la calzada se dimensionará para dos carriles”.

En la Tabla 5 (cuadro N° 3.5.1.a), se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

**Tabla 5**

*Ancho mínimo de calzada en tangente.*

Tráfico IMDA	<15	16 á 50	51 á 100	101 á 200
Velocidad Km/h	*	**	**	**
25	3.50	3.50	5.00	5.50
30	3.50	4.00	5.50	5.50
40	3.50	5.50	5.50	6.00
50	3.50	5.50	6.00	6.00
60		5.50	6.00	6.00

\* Calzada de un solo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento.

\*\* Carreteras con predominio de tráfico pesado.

**Fuente:** MTC Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

Asimismo, el Manual, en su página 36, precisa que “en los tramos en recta, la sección transversal de la calzada presentará inclinaciones transversales (bombeo) desde el centro hacia cada uno de los bordes para facilitar el drenaje superficial y evitar el empozamiento del agua.

Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%.

En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior a 200 veh/día, se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada”.

Para determinar el ancho de la calzada en un tramo en curva, deberán considerarse las secciones indicadas en el cuadro N° 3.5. 1.a. Estarán provistas de sobre anchos, en los tramos en curva, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Sobre ancho de calzada (m)*

Velocidad	Radio de curva (m)																
directriz	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
Km/h																	
20	*	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55	0.39	0.30	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.30	0.22	0.18
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.50	0.40	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.50	0.43	0.33	0.27

\* Para radio de 10 m se debe usar plantilla de la maniobra del vehículo de diseño

**Fuente:** MTC Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

### 2.5.2.9.2 Bermas

El Manual en su página 36, indica que “a cada lado de la calzada, se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías.

Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho de min. 0.50 m.

En los tramos en tangentes las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.

La berma situada en el lado inferior del peralte seguirá la inclinación de este cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.

La berma situada en la parte superior del peralte tendrá en lo posible una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7%, la berma superior quedará inclinada hacia la calzada con una inclinación igual a la inclinación del peralte menos 7%”.

### 2.5.2.9.3 Ancho de la plataforma

El ancho de la plataforma a rasante terminada resulta de la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas.

La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrantes del afirmado y la cuneta de drenaje.

#### 2.5.2.9.3.1 Sobreancho

Según el Manual para Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001), pág. 114., “se define al Sobreancho, como el ancho adicional que se debe dar a la superficie de rodadura en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido, al contrarrestar la fuerza centrífuga que se genera en los vehículos”.

El sobreancho varía según el tipo de vehículo considerado, ya que es función de la distancia entre ejes del mismo. Para el tramo en estudio se ha tomado un valor de 6.00 mts., que corresponde a la distancia entre ejes de un camión, ya que este es el medio de transporte más utilizado en las zonas de cultivo.

El sobreancho se obtiene de la fórmula:

$$S = n \times \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V_d}{10\sqrt{R}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

**Donde:**

S = Sobreancho

n = Número de carriles

Vd = Velocidad Directriz

L = Distancia entre ejes del vehículo

R = Radio de la curva

#### 2.5.2.9.4 Plazoletas

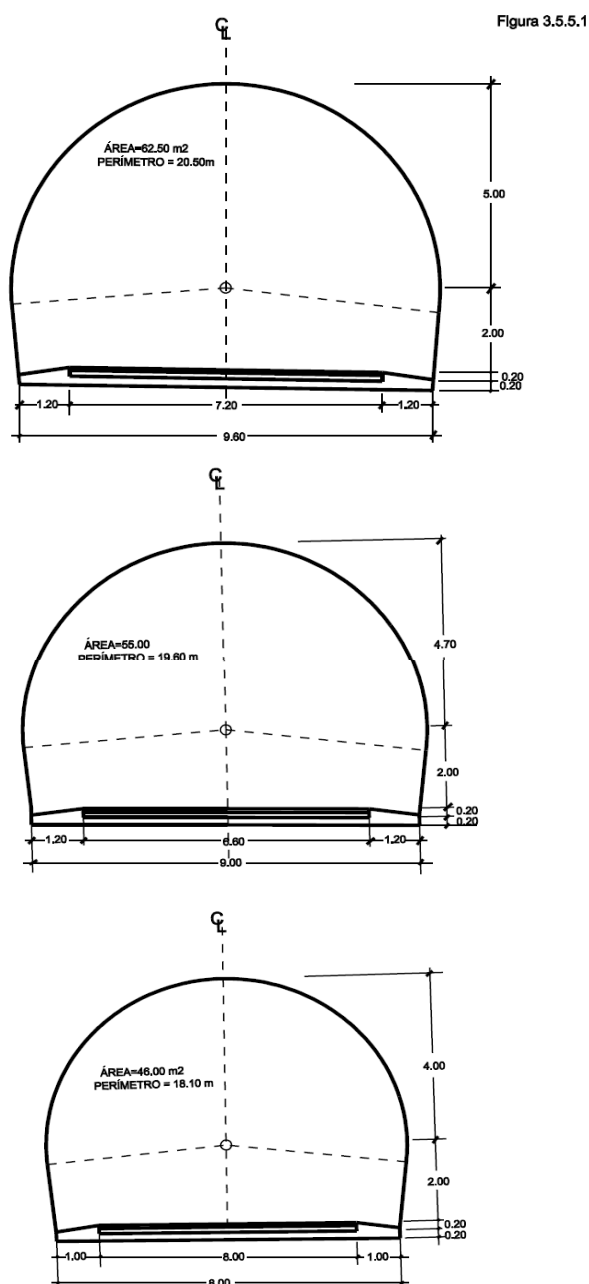
El Manual en su página 37, establece que “en carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se construirán ensanches en la plataforma, cada 500 m como mínimo para que puedan cruzarse los vehículos opuestos o adelantarse aquellos del mismo sentido.

La ubicación de las plazoletas se fijará de preferencia en los puntos que combinen mejor la visibilidad a lo largo de la carretera con la facilidad de ensanchar la plataforma”.

### 2.5.2.9.5 Dimensiones en los pasos inferiores

El Manual en su página 37, establece que “la altura libre deseable sobre la carretera será de por lo menos 5.00 m. En los túneles, la altura libre no será menor de 5.50. Ver figura 2 (figura 3.5.5.1).

Cuando la carretera pasa debajo de una obra de arte vial, su sección transversal permanece inalterada y los estribos o pilares de la obra debajo de la cual pasa deben encontrarse fuera de las bermas o de las cunetas eventuales agregándose una sobre berma no menor a 0.50 (1.50 deseable)”.



**Figura 2:** Altura Libre en Túneles. (Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.)

### 2.5.2.9.6 Taludes

Según el Manual en su página 37, “los taludes para las secciones en corte y relleno variarán de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que están practicados. Las alturas admisibles del talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos o tomando en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes”.

Los valores de la inclinación de los taludes en corte y relleno serán de un modo referencial los indicados en la Tabla 7 y Tabla 8 respectivamente, como se indica:

**Tabla 7**

*Taludes de corte*

Clase de terreno	TALUD V:H		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Roca fija	10 : 1	(*)	(**)
Roca suelta	6 : 1 - 4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados comunes	4 : 1	(*)	(**)
Suelos consolidados compactos	4 : 1		
Tierra compacta	3 : 1	(*)	(**)
Tierra suelta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(**)
Arenas sueltas	1 : 1	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas	1 : 2	(*)	(**)
por filtraciones	hasta 1 : 3	(*)	(**)

(\*) Requiere banquetta o análisis de estabilidad

(\*\*) Requiere análisis de estabilidad

**Fuente:** MTC: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

**Tabla 8**

*Taludes de relleno*

Taludes de relleno			
Clase de terreno	TALUD V:H		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(**)
Conglomerados comunes	1 : 2	(*)	(**)

(\*) Requiere banquetta o análisis de estabilidad

(\*\*) Requiere análisis de estabilidad

**Fuente:** MTC Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.



### 2.5.2.9.7 Sección transversal típica

Según el Manual en su página 37, “la figura 3 (figura 3.5.7.1) ilustra una sección transversal típica de la carretera, a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho la estabilización del talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud estable de relleno.

Ambos detalles por separado, grafican en el caso de presentarse en ambos lados, la situación denominada, en el primer caso carreteras en cortes cerrados y, en el segundo caso de carreteras en relleno”.

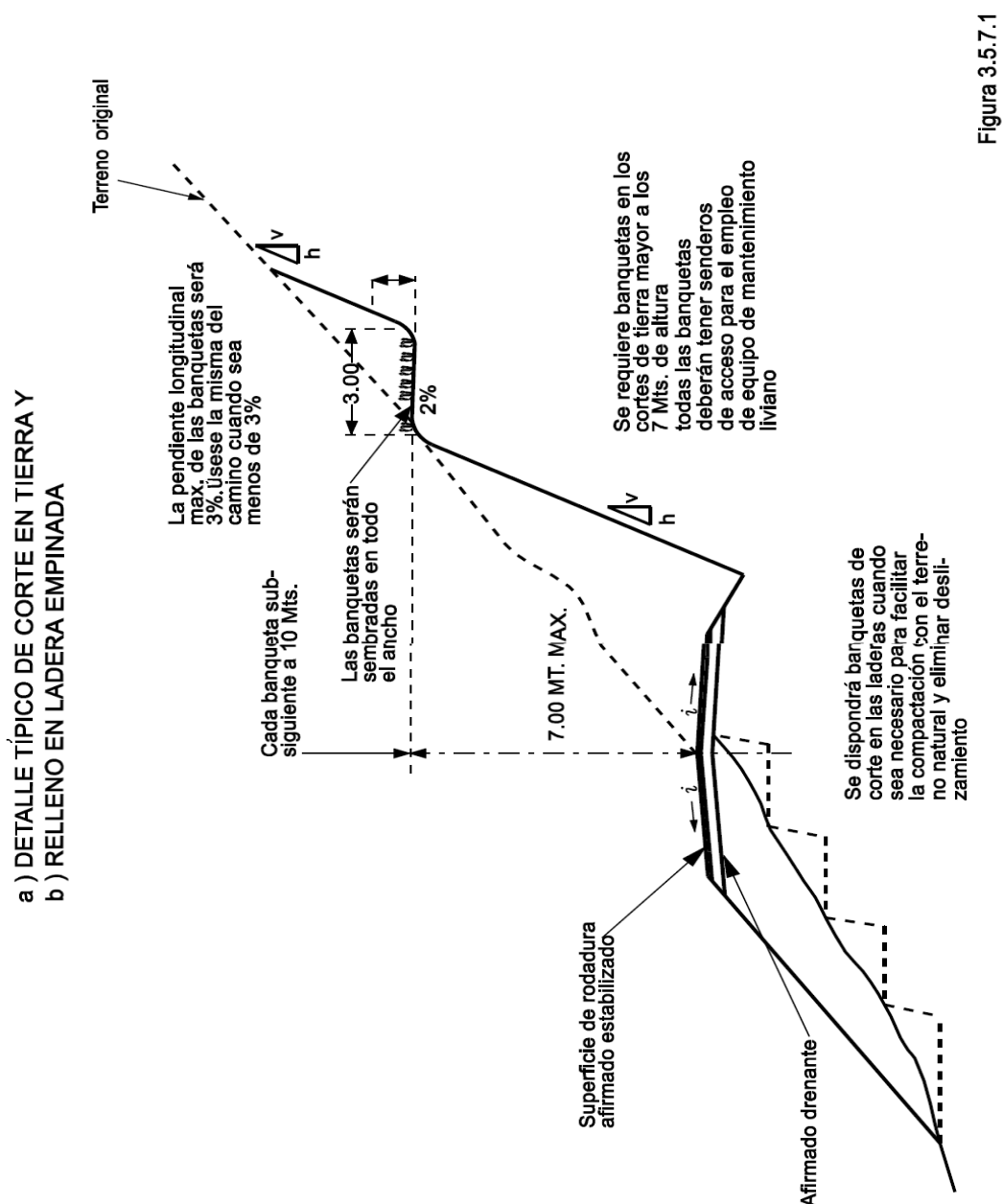


Figura 3.5.7.1

**Figura 3:** Sección Típica de una Carretera a Media Ladera. (Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.)

### 2.5.2.8 Composición de tráfico

Según el Manual, en su página 96, indica “el método aproximado consiste en determinar un factor de composición de tráfico (M) basado en tres categorías de porcentajes de camiones (Bajo, Mediano y Alto) y tres categorías de rango probable de la distribución de ejes de carga (Liviano, Mediano y Pesado), de los camiones. Los valores del factor de composición de tráfico (M); están tabulados en la tabla 8. Una vez estimado el factor M, el cálculo de N de ejes equivalentes a 18 kips, durante el primer año y durante el periodo de diseño (en función de la tasa de crecimiento), se realiza en forma convencional”.

### 2.5.2.9 Capacidad portante del suelo de rasante

Para el Manual, “el suelo de rasante es la capa superficial de las explanaciones y sobre el que se construye la estructura del pavimento.

El diseño del espesor del pavimento se basa en el valor de la resistencia mecánica de este suelo. Las curvas de diseño mostrados en la Fig. SHNE-04 se basan en el indicador de la resistencia del suelo más difundido y que es el Valor Soporte de California o **C.B.R.** (California Bearing Ratio)”.

### 2.5.2.10 Especificaciones para material de lastrado

#### 2.5.2.10.1 Granulometría

Se podrán utilizar los usos granulométricos de los materiales a emplearse como lastrado, siendo estos los siguientes:

**Tabla 8**

*Granulometría para material de afirmado*

Malla N°	A	B	C	D
2	100	100	--	--
1	--	75-95	100	100
3/8	30-65	40-75	50-85	60-100
4	25-55	30-60	35-65	50-85
10	15-40	20-45	25-50	40-70
40	8-20	15-30	15-30	25-45
200	2.8	5-15	5-15	8-15

**Fuente:** M.T.C Especificaciones Técnicas de Rehabilitación Mejoramiento y Mantenimiento de Caminos Vecinales.

Tendrá una tolerancia de:

6% máximo deberá retener la malla de 2”

40% máximo deberá pasar la malla de 4”

**Resultados:**

CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca = 45%

El valor calculado Indica que el material a usarse en la construcción del pavimento deberá tener un CBR al 100% de la Densidad Máxima del 65% como mínimo.

**2.5.2.10.2 Requisito para el material de lastrado**

El **Ministerio de transportes y comunicaciones**, en el Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, pág. 112, nos indica que en general, los materiales granulares que conforman las capas del pavimento lastrado deberán tener las siguientes características:

“El tamaño máximo del agregado debe tener entre 2” con el objetivo de facilitar el mantenimiento, aumentar la resistencia y la durabilidad de capa, así como para mejorar el rodamiento de los vehículos.

El porcentaje pasante del tamiz N° 200 debe de estar entre 10 y 25% según sea el tamaño máximo del agregado, con la finalidad de reducir la permeabilidad de la capa y disminuir la infiltración de agua de las capas inferiores.

Los finos en una capa granular de rodadura sin revestimiento deben poseer un índice de plasticidad adecuado ya que los finos plásticos sirven como material cementante y ligante de la matriz granular, aumentando la durabilidad de la capa y reduciendo la pérdida del material de rodadura.

La capa del pavimento afirmado estará constituido por gravas naturales sin triturar, mezclados con la cantidad necesaria de finos locales para satisfacer la granulometría y plasticidad requeridas. Estas mezclas deberán experimentarse valores de CBR mayores de 65%, para ensayos de laboratorio en muestras moldeados al 100% de la máxima densidad Próctor (AASHTO 1-180), y dentro de un rango de contenido de humedad del 3% así mismo las pérdidas observadas en los ensayos de abrasión en la Máquina de los Ángeles no deberán tener pérdida al desgaste mayores al 50%.

En cuanto a las consideraciones constructivas de compactación, la capa de pavimento deberá tener una densidad mayor o Igual al 95% de la densidad máxima obtenida según el ensayo Próctor Modificado (Norma AASHTO 1-1 80-D)”.

**2.5.2.11 Estudio de pavimentos**

**Método del NAASRA:** Según Ministerio de transportes y comunicaciones, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, pág. 138, señala que NAASRA hoy Austroads “es el órgano principal en Australia para el transporte por carretera.

Austroads produce los estándares de Australia para la construcción de carreteras y el diseño, así como directrices para la planificación urbana.

Una conferencia de la Commonwealth y Ministros de Estado de Transportes, en Melbourne en 1933 decidió que debía haber una conferencia anual de la autoridad estatal de carreteras ejecutivos. Como resultado, el Comisionado de NSW para Carreteras principales instigó la Primera Conferencia Anual de Autoridades carretera estatal (COSRA) y escribió en su invitación que "sería una buena cosa para que nos reunamos los hombres carretera interesados en el desarrollo de nuestros estados y de transporte instalaciones, y hay muchos problemas que se cree podría tratarse mejor en forma conjunta.

La primera reunión COSRA tuvo lugar en Melbourne durante 3 días en febrero de 1934. El programa se ocupa de asuntos como la organización de la conferencia, las finanzas carreteras y la legislación, la coordinación de la investigación y la difusión de información, junto con una serie de cuestiones técnicas. El principal beneficio de COSRA es que se dio a las autoridades de carreteras del Estado la oportunidad de descubrir lo que otros estados estaban haciendo. En lugar de cada estado tratando de resolver los mismos problemas, podrían hacer una contribución independiente pero coordinada a la solución.

Hubo dos reuniones cada año, uno de los cuales los responsables de las autoridades de tráfico del estado asistieron y el otro que era una reunión de sus oficiales técnicos. Las reuniones técnicas abordan cuestiones de ingeniería y prácticas de política en detalle, ayudando a crear innovaciones que luego se convirtieron en algo común, como un método estándar para el uso de hitos o cuestiones más complejas como la carga de diseño de puentes.

En 1939, la conferencia fue pospuesta indefinidamente debido a la Segunda Guerra Mundial y no se reanudó hasta 1945.

Según el **MTC Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito**, pág. 138, después de la guerra, COSRA se reanudó y una de las cuestiones clave abordadas por la Conferencia fue la de señalamiento de la ruta. COSRA trabajó para elaborar un plan maestro para un esquema de la ruta nacional marcado en 1954, diseñado para producir un sistema de navegación que fue consistente a través de todo el país, independientemente de las fronteras estatales. La primera ruta que se firmó como un ensayo fue la Ruta Nacional 31 (Hume Highway) en 1954 y el plan fue ampliamente exitosa. Para mantener el sistema nacional, COSRA fue inculcado como la autoridad de coordinación - todas las propuestas de cambios en el sistema de la Ruta Nacional tenían que ser aprobados por COSRA. La Secretaría de COSRA lleva un registro de las rutas nacionales aprobadas,

sin embargo, este registro parece haber sido destruidos o perdidos como parece que no puede recuperarlo.

El nombre de la conferencia fue cambiado a la Asociación Nacional de Autoridades Australia State Road '(NAASRA) en octubre de 1959 para reflejar su crecimiento en una organización, no sólo a una conferencia. En 1960 NAASRA creó la Junta de Investigación del Camino australiano (ARRB) para coordinar mejor y fomentar la investigación en todos los aspectos de la carretera de decisiones, la planificación y la gestión.

NAASRA continuó en COSRA dejó en la coordinación de los sistemas de señalización de ruta a través de Australia. Se establecieron directrices para garantizar la uniformidad en la señalización del sistema nacional de ruta y directrices desarrolladas para el establecimiento de un sistema de marcado de la ruta estatal”.

Tomando en consideración los criterios procedentes, los resultados de los ensayos de laboratorio, las observaciones de campo la experiencia acumulada en estudios anteriores para el análisis del CBR de la subrasante se tomará un CBR Promedio de 3.33 % diseño.

#### **2.5.2.12 Diseño estructural**

En el diseño de un pavimento moderno, es de primera importancia evaluar las cantidades y los pesos de las cargas por eje supuestos a aplicarse al pavimento durante un período de tiempo dado. Las investigaciones nos muestran que el efecto sobre el comportamiento del pavimento, de una carga por eje de mayor, puede representarse por una cantidad equivalente a 8.2 Tn de aplicación de carga por eje simple.

**Tabla 8**

*Como referencia del cálculo se presenta la tabla siguiente, para períodos de 5 y 10 años*

<b>IMDA</b> <b>(total</b> <b>ambos</b> <b>sentidos)</b>	<b>Veh.</b> <b>Pesados</b> <b>(carril de</b> <b>diseño)</b>	<b>5 años (carril de diseño)</b>		<b>10 años (carril de</b> <b>diseño)</b>	
		<b>Nº</b>	<b>Nº</b>	<b>Nº</b>	<b>Nº</b>
		<b>Repeticion</b>	<b>Repeticion</b>	<b>Repeticion</b>	<b>Repeticion</b>
		<b>es EE 8.2</b>	<b>es EE 8.2</b>	<b>es EE 8.2</b>	<b>es EE 8.2</b>
		<b>tn</b>	<b>tn</b>	<b>tn</b>	<b>tn</b>
10	3	13,565	1.36E+04	15,725	1.57E+04
20	6	27,130	2.71E+04	31,451	3.15E+04
30	9	40,695	4.07E+04	47,176	4.72E+04
40	12	56,197	5.62E+04	65,148	6.51E+04

50	15	67,824	6.78E+04	78,627	7.86E+04
60	17	75,576	7.56E+04	87,613	8.76E+04
70	20	96,892	9.69E+04	112,324	1.12E+05
80	23	104,643	1.05E+05	121,310	1.21E+05
90	26	122,084	1.22E+05	141,528	1.42E+05
100	28	131,773	1.32E+05	152,761	1.53E+05
110	31	147,275	1.47E+05	170,733	1.71E+05
120	34	160,840	1.61E+05	186,458	1.86E+05
130	37	172,467	1.72E+05	199,937	2.00E+05
140	40	187,970	1.88E+05	217,909	2.18E+05
150	43	203,473	2.03E+05	235,881	2.36E+05
160	45	209,286	2.09E+05	242,620	2.43E+05
170	48	226,727	2.27E+05	262,838	2.63E+05
180	51	236,416	2.36E+05	274,071	2.74E+05
190	54	253,856	2.54E+05	294,289	2.94E+05
200	56	265,483	2.65E+05	307,768	3.08E+05
250	71	335,245	3.35E+05	388,641	3.89E+05
300	84	399,194	3.99E+05	462,775	4.63E+05
350	99	468,956	4.69E+05	543,648	5.44E+05
400	112	529,029	5.29E+05	613,289	6.13E+05

---

**Fuente:** Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito

Interpolando del cuadro anterior se obtiene: **Nrep de EE<sub>8.2</sub> T<sub>n</sub>** =  $7.46 \times 10^4$

### 2.5.2.13 Tipos de tránsito

Según el autor del Libro Carretera, Calles y Aeropistas del Ing. Raúl Valles Rodas:

Los diferentes tipos de transito que se considera para el método de espesores de afirmado son los siguientes:

**Tránsito ligero (Liviano):** Es aquel que tiene un tránsito comercial menor de 50 camiones y autobuses diarios.

**Tránsito mediano:** Aquel cuyo tránsito comercial está comprendido entre 50 y 300 camiones y autobuses diarios.

**Tránsito Pesado:** Aquel que tiene un tránsito comercial mayor de 300 camiones y autobuses diarios. En todo el caso que se vienen de describir, se supone que un máximo del 15% de vehículos, tiene una carga por rueda de 9,000 las. (5.364 Kilogramos).

Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5 Tn. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo.

**Tabla 9**

*Clase de tráfico que circula por el tramo en estudio*

Clase	T0	T1	T2	T3
IMDA (Total vehículos ambos sentidos)	< 15	16 - 50	51 - 100	101 – 200
Vehículos pesados (carril de diseño)	< 6	6 - 15	16 - 28	29 - 56
Nº Rep. EE (carril de diseño)	< 2.5x10 <sup>4</sup>	2.6x10 <sup>4</sup> - 7.8x10 <sup>4</sup>	7.9x10 <sup>4</sup> - 1.5x10 <sup>5</sup>	1.6x10 <sup>5</sup> - 3.1x10 <sup>5</sup>

**Fuente:** Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de grava o afirmado, se desarrolló el método de NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities (hoy AUSTROADS)).

### Método NAASRA

Basada en la ecuación empírica que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado expresado en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes:

$$e = \left[ 219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 \right] * \log_{10} * (Nrep/120)$$

**Dónde:**

e = Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = Valor del CBR de la subrasante.

Nrep = Número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Para los tráfico tipo T2, T3 y T4 el espesor total determinado, está compuesto por dos capas: una capa superficial que es una grava estabilizada con finos ligantes y una capa inferior de grava drenante, cuya diferencia depende del tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla.

En todo caso se podrá optimizar las secciones de pavimento propuestas, para lo cual se analizará las condiciones de la subrasante, la calidad de los materiales de las canteras, la demanda específica de tráfico en el tramo y se determinarán los espesores necesarios de la

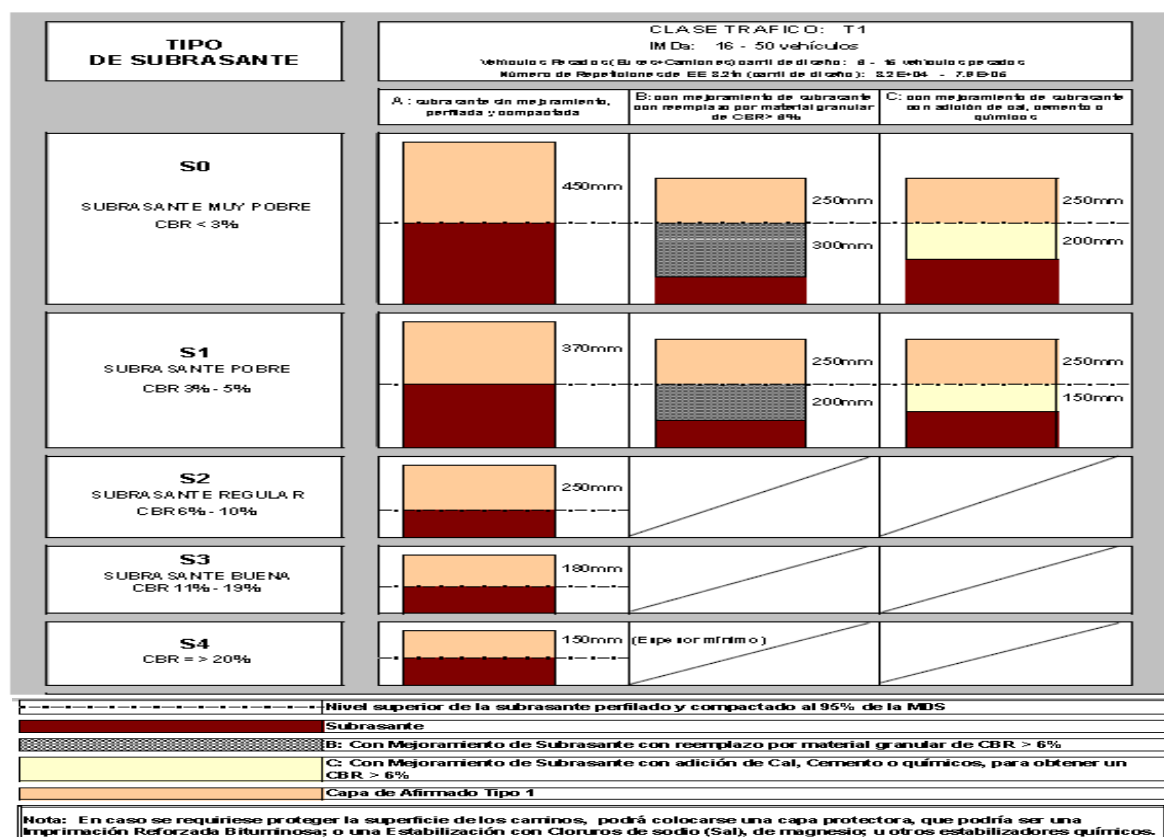
nueva estructura del pavimento; en caso, de que el tramo tenga una capa de afirmado, se aprovechará el aporte estructural de la capa existente, solo se colocará el espesor de afirmado necesario o el mínimo constructivo (100mm) para completar el espesor obtenido según la metodología de diseño adoptada.

Según la gráfica del método, para determinar el espesor de la capa granular de rodadura, se deberá conocer la capacidad soporte del suelo (C.B.R.) del terreno de fundación, la intensidad del tráfico, en número de ejes equivalentes al eje estándar de 18,000 libras de carga, en el periodo de diseño y la calidad de material a emplear como capa granular.

**Calculo de EAL:** Según **Cuevadelcivil.Com**, Apuntes, Herramientas y Temas de Ingeniería Civil, pág. 1 “se utiliza para determinar el efecto destructivo, dependiendo de las cargas y tipo de ejes de los vehículos”.

Es la cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips (8,16 t = 80 kN) para un periodo determinado, utilizamos esta carga equivalente por efectos de cálculo ya que el transito está compuesto por vehículos de diferente peso y numero de ejes.

Los ejes equivalentes se los denominara ESAL's (equivalent simple axial load – sencilla carga axial equivalente)”.



**Figura 4:** Catálogo de capas de revestimiento granular (Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, pág. 142)



### 2.5.3 Marco conceptual: definición de términos básicos

El Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, elaborado por el MTC, define lo siguiente:

**Sistema nacional.** - Que corresponde a la red de carreteras de interés Nacional y que une los puntos principales de la Nación con sus Puertos y Fronteras.

**Sistema departamental.** - Compuesto Por aquellas carreteras que constituyen la red vial circumscripta a la zona de un Departamento.

**Sistema vecinal.** - Es el conformado por aquellas carreteras de carácter local y que une las aldeas y pequeñas Poblaciones entre sí.

**Carreteras duales.** - Para IMD mayor de 4,000 Veh./día, consisten en carreteras de calzadas separadas

**Carreteras de 1° Clase.** - Para IMD comprendido entre 2,000 y 4,000 Veh/día

**Carreteras de 2° Clase.** - Para IMD comprendido entre 400 y 2,000 Veh/día.

**Carreteras de 3° Clase.** - Para IMD hasta 400 Veh./día

**Trocha carrozable.**- No identifica IMD, constituye una clasificación aparte, pudiéndosele definir como aquellos caminos a los que les falta requisitos para poder ser clasificados en tercera clase.

**Visibilidad de parada.**- Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo a una velocidad directriz.

**Pendiente.**- Cuesta o declive de un terreno, Angulo que forma un plano o línea con los horizontes.

**Alcantarilla.**- Paso bajo conducto para circular las aguas, acueducto subterráneo para recoger las aguas.

**Cantera.**- Sitio al aire libre o subterráneo de donde se extrae agregados grueso o fino otros materiales para la construcción.

**Cubicación de tierras.**- En base a las secciones transversales se procede al areado de las mismas, separando las áreas de corte, de relleno y de muro. Luego se realiza la cubicación de tierras mediante el método de volúmenes mixtos.

### 2.5.4 Marco histórico

Sabemos que las vías de comunicación terrestre son requisitos indispensables para la realización de las principales actividades humanas y para el desarrollo de los pueblos. En ese sentido, el desarrollo de una nación depende en gran medida de la extensión y el estado

de su red vial. En efecto, los caminos y carreteras condicionan a la capacidad y velocidad de movilización de personas y carga, que repercuten directamente en el progreso social, político y social.

En el Departamento de San Martín, como en todas las regiones de nuestro territorio, uno de los grandes problemas que atrasa el desarrollo integral, es entre otros, la falta y la intransitabilidad de las vías de comunicación. El tramo del camino vecinal Chazuta - Shilcayo Km 0+000-Km 11+000 presenta en la actualidad los problemas que generan atraso, que dan origen a que los pobladores de las localidades de Chazuta y Shilcayo, tengan la necesidad urgente de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse con la carretera Arq. Fernando Belaunde Terry, y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio.

Este proyecto ha sido largamente acariciado por los pobladores de las distintas localidades que se encuentra en el tramo en estudio. Desde mi punto de vista, considero que a fin de extender nuestro accionar social desde la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de nuestra Universidad Nacional de San Martín hoy estamos tomando acciones en la línea de lograr un proyecto que permita elaborar el expediente técnico correspondiente y por ende buscar el financiamiento para atender esta necesidad de dichas localidades.

## 2.6 Hipótesis

El Diseño del Pavimento a nivel de afirmado del **“Mejoramiento del camino vecinal chazuta - Shilcayo, L= 11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región San Martín”**, será posible empleando la metodología teórica de topografía, diseño geométrico, caminos y pavimentos”.

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Materiales**

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

##### **3.1.1 Recursos humanos**

Tesista

Asesor

Técnico de laboratorio de mecánica de suelos

Digitador

Ayudantes

##### **3.1.2 Recursos materiales y servicios**

Ensayos de Laboratorio

Material bibliográfico

Material de escritorio

Movilidad y viáticos

##### **3.1.3 Recursos de equipos**

01 Computadora

01 Estación total, marca TOPCON, modelo GPT-3005 LW, completos.

01 Nivel topográfico, marca TOPCON, modelo AT-G7, completos.

02 GPS GARMIN.

01 computador portátil.

01 Plotter

#### **3.2 Metodología de la investigación**

##### **3.2.1 Universo y/o muestra**

**Universo:** Carreteras y Caminos de la Región San Martín

**Población:** Carreteras y Caminos de la provincia de San Martín.

**Muestra:** Camino Vecinal Chazuta - Shilcayo, Km 0+000 – Km 11+000.

### 3.2.2 Sistema de variables

Para probar la Hipótesis planteada, será necesario obtener los siguientes datos:

**Variable independiente:**

Estudio Topográfico.

Estudio de Mecánica de Suelos.

Estudio de Tráfico.

**Variables dependientes:**

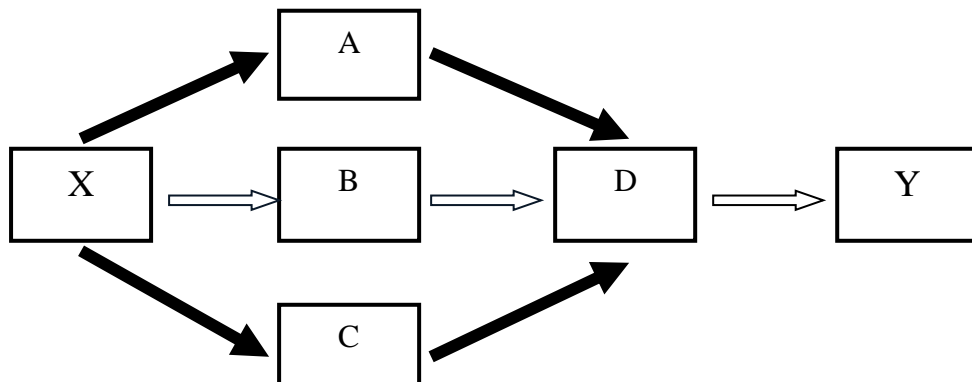
Diseño del Pavimento a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal Chazuta - Shilcayo Km 0+000 – Km 11+000.

### 3.2.3 Tipos y nivel de la investigación

**Tipo:** Investigación aplicada

**Nivel:** Básico

#### 3.2.3.1 Diseño del método de la investigación



**X:** Situación inicial problematizada que requiere la intervención de estudio.

**A:** Estudio Topográfico.

**B:** Estudio de Mecánica de Suelos.

**C:** Estudio de Tráfico.

**D:** Estudios de compatibilidad de procesos y alternativas que respaldan la toma de decisión para definir la alternativa de solución.

**Y:** Resultado de la intervención que presenta la alternativa de solución del diseño del pavimento a nivel de afirmado.

### 3.2.4 Diseño de instrumentos

El levantamiento topográfico del Camino Vecinal será utilizado en la elaboración de los planos de planta, perfil y secciones del tramo en estudio.

Los datos recopilados del estudio de suelos en campo deberán ser sometidos a distintos tipos de Ensayos los cuales se llevarán a cabo en las instalaciones de Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, ubicado en el Distrito de Morales.

#### 3.2.4.1 Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos

Se utilizará Bibliografía Variada y adecuada para la Investigación, las cuáles se detallan en el marco teórico y en las referencias bibliográficas.

### 3.2.5. Procesamiento de la información

Los Procesamientos y presentación de Datos se realizará de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas de Diseño de Carreteras, y utilizando cálculos estadísticos adecuados con la finalidad de obtener resultados satisfactorios.

Con respecto al estudio de suelos realizado se utilizará el CBR en el diseño del espesor del pavimento y la calidad del agregado en la conformación de la subrasante y afirmado, los cuales se presentan en los diferentes anexos del presente estudio.

### 3.2.6 Análisis e Interpretación de datos y resultados

El análisis se hará a través del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, aprobado con Resolución Ministerial N° 303-2008-MTC/02 del 04/04/2008, así como la interpretación de los distintos ensayos a realizarse, se utilizará las Normas ASTM.

**Método del NAASRA:** Según MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, pág. 138 ( **OZROADS** ), señala que NAASRA hoy Austroads “es el órgano principal en Australia para el transporte por carretera. Austroads produce los estándares de Australia para la construcción de carreteras y el diseño, así como directrices para la planificación urbana.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### **Resultados**

#### **4.2 Estudio topográfico**

##### **4.1.1 Objetivo del estudio topográfico**

El objetivo del Estudio Topográfico es proporcionar información básica y necesaria basada en informes recopilados y evaluados, en data topográfica tomada en campo y procesada en gabinete de la topografía, cartografía, elementos estructurales, hidráulicos y demás de la zona materia del estudio.

El objetivo secundario es obtener Benchs Marks o Puntos de control en un número suficiente como para desarrollar trabajos de verificación de cotas (principalmente Su-rasante) y tener cotas de referencia para los trabajos a licitarse.

El objetivo de un levantamiento topográfico es la determinación, tanto en planimetría como en altimetría, de puntos del terreno necesarios para la representación fidedigna de un determinado sector del terreno a fin de:

Elaborar planos topográficos a escalas adecuadas.

Proporcionar información de base para los estudios hidráulicos, hidrogeológicos, canteras, fuentes de agua, suelos, y de impacto ambiental.

Elaborar planos de los elementos estructurales replanteados en campo.

##### **4.1.2 Metodología**

La metodología adoptada para el cumplimiento de los objetivos antes descritos es la siguiente:

Recopilación y evaluación de la información topográfica existente tales como Cartas nacionales, Fichas del IGN de puntos geodésicos de primer orden, planos topográficos realizados en el área de estudio, etc.

Desplazamiento de la brigada de topografía la zona en estudio, en coordinación con los especialistas de la empresa consultora, conformada por:

1 Ingeniero a cargo de los trabajos

2 Topógrafos

1 Procesador de datos

2 Libretista

6 Prismeros

8 Macheteros

1 Encargado de logística

Luego de la entrega del terreno, se procedió con el reconocimiento de la zona en campo, verificando el área de trabajo, así como las zonas aledañas para su delimitación.

Se ha tomado 02 puntos de control km 0+000 dentro de la localidad de Chazuta y otros 02 puntos en la localidad de Shilcayo, de donde se han obtenido puntos de la poligonal para los trabajos de topografía. Las coordenadas y cotas de estos han sido corroboradas con los datos del estudio de Perfil existente de la carretera Chazuta - Chilcayo.

Estos puntos de control han sido monumentados mediante hitos de concreto con una varilla de acero corrugado al centro. Aplicando el mismo criterio para los puentes siguientes.

Todos los datos han sido trabajados en el sistema geodésico WGS-84, y en coordenadas UTM.

Para el levantamiento topográfico se empleó 02 Estaciones Totales marca TOPCON, con precisión al segundo en ángulo y de 1mm en distancia, 03 prismas, 04 equipos de radiocomunicación, 01 GPS navegador GARMIN, 01 eclímetro, 02 winchas una de 40m y otra de 50m, además de otros accesorios.

La automatización del trabajo de campo se efectuó en forma diaria y de la siguiente manera: se efectuó la toma de datos de campo durante el día, la transmisión de la información de campo a una computadora al caer la luz del sol, la verificación en la computadora de la información tomada en campo, el procesamiento de la información para obtener planos topográficos a escala conveniente.

Durante y una vez terminado el trabajo en campo de topografía se procedió al procesamiento en gabinete de la información topográfica en el software AutoCAD, CIVIL 3D Y AIDC NS.

### **4.1.3. Levantamiento topográfico**

El Levantamiento Topográfico se refiere al establecimiento de puntos de control horizontal y vertical, los cuales tiene que ser enlazados a un sistema de referencia, en este caso al Sistema de control Horizontal y Vertical del IGN, y a la toma de una cantidad adecuada de puntos de levantamiento a fin de representar fidedignamente el terreno existente en planos topográficos.

#### **4.1.3.1. Ubicación y descripción del área de estudio**

La Región San Martín, se encuentra ubicada en la Selva Alta del Nor Oriente Peruano, entre los paralelos 5°24' y 8°47' de latitud sur a partir del Ecuador y los meridianos 75°27' y 77°84' de longitud oeste. Limita por el Norte con el departamento de Loreto, por el Este con los departamentos de Loreto y Huánuco, por el Sur con el Departamento de Huánuco y por el Oeste con los departamentos de La Libertad y Amazonas. Contiene territorios de selva alta y baja.

El proyecto está situado en la región Nor Oriente del Perú geográficamente se ubica entre los paralelos 06° 34' 20" y 06° 34' 08" de latitud sur y los meridianos 76° 07' 55" y 75° 59' 23" de longitud oeste, con una altitud promedio de 216 msnm, iniciándose el tramo en la Localidad de Chazuta, continuando por la margen izquierda del río Huallaga, continua así uniendo las localidades de Tununtunumba, Llucanayacu y Shilcayo, entre otras localidades ubicadas en la margen derecha del río Huallaga.

Este Proyecto Vial es una carretera de tercer orden y se desarrolla por la margen izquierda del Río Huallaga.

#### **4.1.3.2. Acceso al área de estudio**

El acceso a la zona de estudio se realiza desde Tarapoto, a través de la carretera F.B.T. Tarapoto – Juanjuí, (Superficie Asfaltada Ruta Nacional R-05) a la altura del Km. 15+000, 50 metros antes del puente Colombia. Se sigue luego hacia el Este, por la carretera Tarapoto - Chazuta (superficie afirmada ruta N° SM-106) una distancia de 37 km. hasta llegar a la localidad de Chazuta que es donde se ubica el inicio del proyecto. El tiempo estimado de viaje por vía terrestre es de 2 horas.

Ubicación Política:

Localidades	: Chazuta - Curiyacu
Distrito	: Chazuta
Provincia	: San Martín
Región	: San Martín



Ubicación Geográfica: En coordenadas UTM Sistema WGS-84

Este: 374840.002 m a 390442.713 m

Norte: 9273372.999 m a 9273744.678 m

#### **4.1.3.3. Condición Climática**

El área del proyecto presenta un clima templado moderado perteneciente a las estribaciones de la Cordillera Oriental.

Las mayores precipitaciones se presentan durante los meses de octubre a marzo en tanto que las menores precipitaciones corresponden a los meses de julio, agosto y setiembre; durante el resto del año, los valores de la precipitación son intermedios entre estos dos extremos. Las lluvias más fuertes tienen valores promedios que fluctúan entre 110.00 mm y 120.00 mm, registradas en la Estación Meteorológica Tocache (Tocache), durante los meses de diciembre y enero. Los valores más altos de la temperatura media se manifiestan entre los meses de octubre y diciembre, oscilando entre 25.0° C y 25.4° C (Estación Meteorológica Palmahuasi).

Las temperaturas presentan una clara disminución durante los meses de invierno, es decir, junio, julio y agosto.

#### **4.1.3.4. Altitud de la zona**

Los poblados de Chazuta - Shilcayo se encuentran a una altitud que abarca desde los 200 y los 300 msnm.

#### **4.1.4. Recopilación de información**

Para la elaboración del estudio, se ha obtenido la siguiente información:

Carta Nacional a escala 1:100 000 – Lima.

Instituto Geográfico Nacional (IGN)

#### **4.1.5. Trabajo de campo**

El control topográfico fue llevado a cabo en forma, mediante el uso de:

02 Estaciones totales; TOPCON

01 GPS navegador GARMIN.

06 Prismas (03 por cuadrilla)

08 Equipos de radiocomunicación Kenwood. (04 Por cuadrilla)

Entre otros accesorios como trípodes, baterías, wincha, pintura, cemento, eclímetros, etc.

La automatización del trabajo se efectuó de la siguiente manera:

Toma de datos de campo durante el día

Bajada de información al caer la luz del sol

Verificación en la computadora de la información tomada en campo

Procesamiento de la información

#### **4.1.5.1.Reconocimiento del área de estudio**

Para los levantamientos topográficos del área de estudio se estableció una (01) Poligonal

Con los puntos de control descrito anteriormente ubicados en Chazuta y Shilcayo.

#### **4.1.5.2.Monumentación de los puntos de control.**

Antes de iniciar las mediciones angulares y de distancias se han monumentado todos los vértices de las poligonales, con hitos de Concreto de 0.25 x 0.25 de área por 0.30 m. de profundidad. En el centro de cada hito se ha empotrado una varilla de acero corrugado de 1/2" x 0.30 m de longitud.

#### **4.1.5.3.Poligonales básicas.**

Para el levantamiento topográfico del área de estudio se estableció una (01) poligonal

#### **4.1.5.4.Medición de ángulos horizontales y verticales.**

La medición de los ángulos horizontales se efectuó con dos (02) Estaciones Totales TOPCON y especial para replanteo, la cual elimina los errores del cálculo de ángulos horizontales y verticales que se producen normalmente en los teodolitos convencionales. El principio de lectura está basado en la lectura de una señal integrada sobre la superficie completa del dispositivo electrónico horizontal y vertical y la obtención de un valor angular medio. De esta manera, se elimina completamente la falta de precisión que se produce debido a la excentricidad y a la graduación, el sistema de medición de ángulos facilita la compensación automática en los siguientes casos:

Corrección automática de errores del sensor de ángulos.

Corrección automática del error de colimación y de la inclinación del eje de muñones.

Corrección automática de error de colimación del seguidor.

Cálculo de la medida aritmética para la eliminación de los errores de puntería.

#### 4.1.5.5.Cálculo del ángulo horizontal

La fórmula que a continuación se explica, se emplea para calcular el ángulo horizontal.

$$AH = AH_S + E_H \cdot \frac{1}{\sin V} + Y_H \cdot \frac{1}{\tan V} + V \cdot \frac{1}{\tan V}$$

**Donde:**

- AHS : Angulo Horizontal medido por el sensor electrónico.
- EH : Error de colimación horizontal
- YH : Error de nivelado en ángulo recto al telescopio
- V : Error de eje horizontal

#### 4.1.5.6.Cálculo del ángulo vertical

La fórmula que a continuación se explica, se emplea para calcular el ángulo vertical.

$$AV = AV_S + E_V + Y_V$$

**Donde**

- AVS : Angulo vertical medido por el círculo electrónico
- EV : Error de colimación vertical
- YV : Desviación en el vertical, medida por el compensador automático del nivel.

#### 4.1.5.7.Medición electrónica de distancias

La medición electrónica de distancias se ha ejecutado con el distanciómetro incorporado de la Estación Total. El módulo de medición de distancia de TOPCON opera dentro del área de infrarroja del espectro electromagnético. Transmite un rayo de luz infrarroja, el rayo de luz reflejado es recibido por el instrumento y, con ayuda de un comparador, se puede medir el desfase entre la señal transmitida y recibida. Gracias a un microprocesador incorporado,

la medida de tiempo del desfase se convierte en medida de distancia y se almacena en memoria como tal, con precisión de mm. El tiempo de medida para cada punto toma 3.5 segundos. La precisión de la medida de distancia es de  $\pm (5\text{mm} + 3\text{ppm})$ .

El factor PPM (partes por millón) puede ser considerado en términos de milímetros por kilómetro. Por ello, 3PPM significa 3 mm/Km.

#### 4.1.5.8. Corrección del error de refracción y curvatura

Ya que la proyección de las alturas y las distancias se calcula con sólo multiplicar la distancia medida geoméricamente por el seno y el coseno, respectivamente del ángulo cenital medido, los errores de cálculo se pueden deber principalmente a la curvatura de la tierra, y la refracción.

A continuación, se muestran las dos fórmulas que la estación total TOPCON emplea para el cálculo automático de los errores de curvatura y refracción.

$$DH = DG \cdot \sin Z - \frac{DG^2 \cdot \sin 2Z}{2 \cdot R_T} \cdot \left(1 - \frac{K}{2}\right)$$

$$DV = DG \cdot \cos Z + \frac{DG^2 \cdot \sin^2 Z}{2 \cdot R_T} \cdot (1 - K)$$

**Donde:**

DH	:	Distancia horizontal
DZ	:	Diferencia de altura
DG	:	Distancia geométrica
RT	:	Valor medio del radio de la tierra en Km. = 6 372
K	:	Media de la constante de refracción = 0,142

#### 4.1.5.9. Corrección atmosférica

La velocidad de la luz varía levemente al ir atravesando diferentes presiones y temperaturas de aire, se debe aplicar un factor de corrección atmosférica para obtener la distancia correcta al final de los cálculos. Este factor de corrección atmosférica se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{ppm} = 275 - 79.55 \cdot \frac{P}{273 + t}$$

**Donde**

P : Presión en milibares  
 t : Temperatura del aire en grados Celsius

La estación usada calcula y corrige esto automáticamente, la corrección cero se obtiene con una temperatura ambiente de 25 °C y a una presión atmosférica de 750 mmHg.

**4.1.5.10. Enlace con el sistema de control horizontal del IGN**

El enlace con el sistema de control horizontal del IGN consistió en definir las coordenadas UTM en el sistema WGS-84 de los vértices de las poligonales mencionadas.

**4.1.5.11. Replanteo de estructuras existentes**

Se empleó el método de Radiación. A partir de las poligonales básicas se trasladó puntos hacia las estructuras a replantar, estableciéndose los vértices de la poligonal de apoyo para el levantamiento de los detalles de la Estructura.

Una vez materializados los vértices de la poligonal en el terreno se procedió a la toma de datos tanto de la poligonal como de la Estructura. Dichos datos fueron tomados con la Estación Total TOPCON, mediante el cual se consigue acceder a puntos que son inaccesibles con el prisma normal.

Luego los datos recogidos en campo fueron trabajados en gabinete para su verificación y ajuste.

**Personal Empleado:**

01 Bachiller responsable.  
 01 Encargado de logística  
 02 Topógrafo  
 02 Libretista  
 06 Prismeros  
 08 Macheteros por cuadrilla

**Recursos empleados:**

02 Estaciones Totales TOPCON especial para replanteo.

08 Equipos de radiocomunicación KENWOOD.

06 Prismas.

02 Eclímetro.

Otros accesorios como trípodes, baterías, winchas, pintura, cemento, etc.

El **Estudio Topográfico** se encuentra detallado en los Planos

**4.2 Estudio de suelos****4.2.1. Introducción.**

Los aspectos relacionados a suelos y materiales han sido estudiados con el objeto de determinar, tanto las características generales del suelo predominante en la franja de terreno que comprende a la carretera, como la potencialidad de la zona en cuanto a fuentes de aprovisionamiento de materiales.

El estudio, nos ha permitido obtener la información básica de las características y condiciones del terreno de la actual plataforma, a fin de prever su comportamiento y diseñar con materiales transportados - procesados o no - y/o naturales, una estructura resistente que esté protegida frente a la acción del clima, tráfico y todo aquello que cause daño al cuerpo vial en su conjunto, de manera que se ofrezca al usuario una adecuada serviciabilidad en el período proyectado.

Para lograr este objetivo, durante el desarrollo del estudio hemos realizado las siguientes actividades principales:

La evaluación de la situación actual de vía.

La ubicación, análisis y clasificación de canteras y fuentes de agua; y,

El análisis de la alternativa de diseño de pavimento, a nivel de afirmado, según los Términos de Referencia.

**4.2.2. Objetivo del estudio**

Entre los principales objetivos para la ejecución del proyecto tenemos:

El objetivo principal del presente estudio consiste básicamente en determinar las propiedades geo - mecánicas de los suelos, del proyecto: “Diseño de pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal Chazuta – Shilcayo, L= 11 km., distrito Chazuta, provincia y región San Martín.”

y además determinar las características del suelo de fundación, por medio de la exploración de pozos o calicatas y la extracción de muestras para realizar ensayos de laboratorio, a fin de determinar las características de capacidad de soporte del terreno de fundación con fines de diseño y labores de gabinete; en base a los cuales se definen los perfiles estratigráficos del subsuelo y secciones homogéneas.

Efectuar la exploración, ubicación, y muestreo de aquellos lugares considerados como probables fuentes para el aprovisionamiento de materiales, tanto para la construcción del pavimento como para las obras de arte (cunetas, alcantarillas, badenes y muros), cuantificando la potencia bruta y neta que poseen.

Efectuar las Alternativas de Diseño de Pavimentos, con la finalidad de proporcionar una superficie uniforme, de color y texturas apropiados, resistentes a la acción del tránsito, del intemperismo y de otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente al terreno de fundación, los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito fluido de los vehículos, con la comodidad, seguridad y economía previstos por el proyecto.

#### **4.2.3. Exploración de campo**

A lo largo de la Carretera se realizó el estudio de 23 calicatas distribuidas del Km. 0+000 al Km. 11+000, a lo largo de la vía hasta una profundidad mayor o igual a 1.50m por debajo de la superficie de rodadura.

Paralelamente al muestreo se realizaron los registros de exploraciones, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, plasticidad, consistencia y/o compacidad, etc.

En cada ubicación se registró el perfil estratigráfico del suelo de fundación, clasificando visualmente los materiales mediante el procedimiento de campo establecido por el sistema Unificado de Clasificación de suelos (S.U.C.S.).

De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas, fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar ensayos de sus características físicas y mecánicas.

**Tabla 10***Excavación manual a cielo abierto (Calicatas)*

Ítem N°	Calicata N°	Progresiva (Km)	Profundidad (m)
1	C-01	00+000 KM	1.50
2	C-02	0+500 KM	0.90
3	C-03	01+000 KM	1.50
4	C-04	01+500 KM	1.50
5	C-05	02+000 KM	1.50
6	C-06	02+500 KM	1.50
7	C-07	03+000 KM	1.50
8	C-08	03+500 KM	1.50
9	C-09	04+000 KM	1.50
10	C-10	04+500 KM	1.50
11	C-11	05+000 KM	1.50
12	C-12	05+500 KM	1.50
13	C-13	06+000 KM	1.50
14	C-14	06+500 KM	1.50
15	C-15	07+000 KM	1.50
16	C-16	07+500 KM	1.50
17	C-17	08+000 KM	1.50
18	C-18	08+500 KM	1.30
19	C-19	09+000 KM	1.50
20	C-20	09+500 KM	1.50
21	C-21	10+000 KM	1.50
22	C-22	10+500 KM	0.90
23	C-23	11+000 KM	1.50

**4.2.4. Ensayos de laboratorio**

Las pruebas de laboratorio se han desarrollado siguiendo los procedimientos normalizados de ensayo, establecidos por la ASTM y recopilados por la Norma Técnica Peruana NTP, aplicados a Mecánica de Suelos.

La profundidad alcanzada en cada una de las perforaciones, fue de **1.50 m.** influyendo en esta decisión la menor posibilidad de transmisión de esfuerzos desde la superficie de rodadura hasta esa profundidad.

En cada ubicación se obtuvo el registro del perfil estratigráfico del suelo de sub rasante, clasificando los materiales, mediante el procedimiento de campo, establecido por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D2487.

Cuando se detectó la presencia de cambios de las características de los materiales encontrados en la excavación, se tomó una muestra representativa para la evaluación e identificación correspondiente en laboratorio.



De cada estrato de suelo identificado, se tomó muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro, son empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar ensayos de sus características físicas. Llevándose un registro correlativo de muestras, que permiten llevar un control de la procedencia y ubicación de cada muestra.

Con las muestras extraídas de las calicatas efectuadas, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D-422, MTC E107
Límite Líquido	ASTM D-4318, MTC E110
Límite Plástico	ASTM D-4318, MTC E111
Contenido de humedad	ASTM D-2216, MTC E108
Clasificación	SUCS ASTM D-2487
Contenido Sulfatos	ASTM D-516
Contenido Cloruros	ASTM D-512
Contenido Sales Solubles Totales	MTC - E219
Clasificación	AASHTO M-145
California Bearing Ratio	ASTM D-1883, MTC – E132,
ó Módulo resiliente de suelos de subrasante	AASHTO T 274, MTC – E128
Proctor Modificado	ASTM D-1557, MTC – E115
Equivalente de Arena	ASTM D-2419, MTC-E114
Ensayo de Expansión Libre	ASTM D-4546

#### **4.2.5. Clasificación y Descripción de los Suelos:**

Los suelos encontrados están descritos y clasificados de acuerdo a metodología para construcción de vías, las clasificaciones se efectuaron obligatoriamente por AASHTO y SUCS, se utilizaron los signos convencionales.

Las propiedades fundamentales que se tomaron en cuenta son:

**4.2.5.1. Granulometría:** representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC EM 107). A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

**Tabla 11**

*Clasificación de suelos según tamaño de partículas*

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Material Fino	Grava	75 mm - 4.75 mm
	Arena	Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

**Fuente:** Manual de carretera, suelos, geología, geotecnia y pavimento.

**4.2.5.2. La Plasticidad:** es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto, la plasticidad de un suelo depende, no los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg establecen cuan sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC EM 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC EM 111) y el límite de contracción (LC, según ensayo MTC EM 112).

**Límite Líquido (LL),** cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

**Límite Plástico (LP),** cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

**Límite de Contracción (retracción),** cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP (ensayo MTC EM 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:

**Tabla 12**

*Clasificación de suelos según índice de plasticidad*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP > 7$		
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

**Fuente:** Manual de carretera, suelos, geología, geotecnia y pavimento.

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

**4.2.5.3. Equivalente de arena:** Es la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos (ensayo MTC EM 114). Es el ensayo que da resultados parecidos a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque menos preciso. Tiene la ventaja de ser muy rápido y fácil de efectuar. El valor de Equivalente de Arena (EA) es un indicativo de la plasticidad del suelo:

**Tabla 13**

*Clasificación de suelos según equivalente de arena*

Equivalente de arena	Característica
Si $EA > 40$	El suelo no es plástico, es arena
Si $40 > EA > 20$	El suelo es poco plástico y no heladizo
Si $EA < 20$	El suelo es plástico y arcillo

**Fuente:** Manual de carretera, suelos, geología, geotecnia y pavimento.

**4.2.5.4. Índice de grupo:** es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01 (bd)$$

**Dónde:**

**a =** F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).

Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

**b =** F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).

Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

**c =** LL – 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

**d =** IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice  $\geq 20$ , un suelo no utilizable para caminos.

**Tabla 14**

*Clasificación de suelos según índice de grupo*

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy Bueno

**Fuente:** Manual de carretera, suelos, geología, geotecnia y pavimento.

**4.2.5.5. Humedad natural:** Otra característica importante de los suelos es su humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de sub rasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

La determinación de la humedad natural (ensayo MTC EM 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo (ensayo MTC EM 132). Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima,

el Proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado.

**4.2.5.6. Clasificación de los suelos:** Determinadas las características de los suelos, según el acápite anterior, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el cuadro 05. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación, se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

**Tabla 15**

*Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS*

<b>Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145</b>	<b>Clasificación de Suelos SUCS ASTM - D-2487</b>
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

**Fuente:** Manual de carretera, suelos, geología, geotecnia y pavimento.

**4.2.5.7. Ensayos CBR:** (ensayo MTC EM 132), una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos contemplados en este manual, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o

resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR de diseño de la sub rasante, se debe considerar lo siguiente:

- a.** En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.
- b.** En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante en función a los siguientes criterios:

Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.

Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de sub rasante, según Cuadro 06.

- c.** Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de sub rasante pertenece el sector o sub tramo, según lo siguiente:

**Tabla 16***Categorías de sub rasante*

<b>Categorías de subrasante</b>	<b>CBR</b>
S <sub>0</sub> : Subrasante inadecuada	CBR<3
S <sub>1</sub> : Subrasante pobre	De CBR≥3% A CBR<6%
S <sub>2</sub> : Subrasante regular	De CBR≥6% A CBR<10%
S <sub>3</sub> : Subrasante buena	De CBR≥10% A CBR<20%
S <sub>4</sub> : Subrasante muy buena	De CBR≥20% A CBR<30%
S <sub>5</sub> : Subrasante excelente	CBR≥30%

**Fuente:** Manual de carretera, suelos, geología, geotecnia y pavimento.

#### **4.2.6. Informe de exploración**

##### **4.2.6.1. Perfil estratigráfico**

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se realizará una descripción de los diferentes tipos de suelos encontrados en las calicatas o pozos.

Los suelos más predominantes de la sub rasante a lo largo del tramo, según la clasificación pertenece a suelos arcillosos de mediana plasticidad y en parte de menor porcentaje suelos arenosos.

##### **4.2.6.2. Descripción del perfil estratigráfico.**

Sobre la base de los resultados de los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio, se ha procedido a establecer el perfil estratigráfico en el sub suelo de la zona de trabajo, presentándose la siguiente conformación:

##### **Calicata N° 01 – Progresiva 00+000**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.30 m.)** Presenta grava mal graduada con arcilla, color marrón, compactado.

**Muestra N°2 (Prof. 0.30 – 1.50 m.)** Los siguientes 1.20 m. está compuesto de arcilla inorgánica de baja plasticidad, color marrón, de consistencia firme.

**Calicata N° 02 – Progresiva 00+500**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.20 m.)** Presenta Grava arcillosa color marrón, compactado.

**Muestra N°2 (Prof. 0.20 – 0.90 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color rojizo con manchas de color beige y anaranjado de consistencia firme.

**Calicata N° 03 – Progresiva 01+000**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.30 m.)** Presenta Grava mal gradada con arcilla color beige, medianamente compactado

**Muestra N°2 (Prof. 0.30 – 1.50 m.)** Limo inorgánico de alta plasticidad color lila, de consistencia firme.

**Calicata N° 04 – Progresiva 01+500**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 1.50 m.)** Presenta Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color lila, de consistencia firme.

**Calicata N° 05 – Progresiva 02+000**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 1.50 m.)** Presenta Arena arcillosa – limoso color amarillo, poco húmedo compacto.

**Calicata N° 06 – Progresiva 02+500**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.20 m.)** Presenta Grava mal graduada con arcilla color marrón claro, compacto.

**Muestra N°2 (Prof. 0.20 – 1.50 m.)** Grava mal graduada con arcilla color marrón claro, compacto.

**Calicata N° 07 – Progresiva 03+000**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.25 m.)** Presenta Grava mal graduada con arcilla color amarillo, compacto.

**Muestra N°2 (Prof. 0.25 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color marrón, de consistencia firme.

**Calicata N° 08 – Progresiva 03+500**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.40 m.)** Arena arcillosa con grava, color marrón claro, medianamente compactado.



**Muestra N°2 (Prof. 0.40 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de alta plasticidad, color amarillo rojizo de consistencia firme.

**Calicata N° 09 – Progresiva 04+000**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.40 m.)** Arena arcillosa con grava, color marrón medianamente compactado.

**Muestra N°2 (Prof. 0.40 – 0.90 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color negro de consistencia firme.

**Muestra N°3 (Prof. 0.90 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color beige de consistencia firme

**Calicata N° 10 – Progresiva 04+500**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.25 m.)** Arena limo arcilloso con grava, color marrón, poco húmedo compacto

**Muestra N°2 (Prof. 0.25 – 0.60 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color negro de consistencia firme.

**Muestra N°3 (Prof. 0.60 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color gris oscuro humedad de consistencia media.

**Calicata N° 11 – Progresiva 05+000**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.20 m.)** Arena arcillosa con grava, color marrón, compacto.

**Muestra N°2 (Prof. 0.20 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color gris, con manchas amarillas de consistencia firme.

**Calicata N° 12 – Progresiva 05+500**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.20 m.)** Arena arcillosa con grava, color marrón claro, compacto

**Muestra N°2 (Prof. 0.20 – 1.20 m.)** Arcilla inorgánica de alta plasticidad color marrón oscuro, de consistencia firme.

**Muestra N°3 (Prof. 1.20 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de alta plasticidad color beige, de consistencia firme.

**Calicata N° 13 – Progresiva 06+000**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.20 m.)** Grava arcillosa color marrón claro, compacto.

**Muestra N°2 (Prof. 0.20 – 1.30 m.)** Arcilla inorgánica de alta plasticidad, color beige, de consistencia media.

**Muestra N°3 (Prof. 1.30 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de alta plasticidad, color beige con manchas grises, de consistencia media.

**Calicata N° 14 – Progresiva 06+500**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.20 m.)** Grava arcilloso color marrón poco húmedo, compacto.

**Muestra N°2 (Prof. 0.20 – 1.20 m.)** Arena arcillosa color beige con manchas grises, de compacidad suelta.

**Muestra N°3 (Prof. 1.20 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color marrón con manchas grises de consistencia firme.

**Calicata N° 15 – Progresiva 07+000**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.20 m.)** Grava arcillosa, poco húmedo, color claro compacto.

**Muestra N°2 (Prof. 0.20 – 0.70 m.)** Arcilla inorgánica de alta plasticidad, color gris con manchas marrones de consistencia firme.

**Muestra N°3 (Prof. 0.70 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color negro de consistencia firme.

**Calicata N° 16 – Progresiva 07+500**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.20 m.)** Arena arcillosa con grava, color marrón, medianamente compacto.

**Muestra N°2 (Prof. 0.20 – 0.90 m.)** Arcilla inorgánica de alta plasticidad, color beige de consistencia mediana.

**Muestra N°3 (Prof. 0.90 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de alta plasticidad color gris con manchas marrones de consistencia media.

**Calicata N° 17 – Progresiva 08+000**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.35 m.)** Grava mal graduada con arcilla poco humeo, color marrón, compacto.

**Muestra N°2 (Prof. 0.35 – 1.10 m.)** Arcilla inorgánica de alta plasticidad, color beige con manchas grises de consistencia firme.

**Muestra N°3 (Prof. 1.10 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de alta plasticidad, color negro con manchas grises de consistencia firme.

**Calicata N° 18 – Progresiva 08+500**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.40 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color rojizo de consistencia suave.

**Muestra N°2 (Prof. 0.40 – 1.30 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color beige, húmedo de consistencia firme.

**Calicata N° 19 – Progresiva 09+000**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.25 m.)** Arena arcilloso limoso con grava, color marrón poco humeo, compacto.

**Muestra N°2 (Prof. 0.25 – 1.50 m.)** Arena arcilloso color beige, compacto.

**Calicata N° 20 – Progresiva 09+500**

**Muestra N° 1 (Prof. 0.00 – 0.30 m.)** Arena mal graduada con mezcla de limo, color amarillo compacto.

**Muestra N°2 (Prof. 0.30 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color marrón con machas grises de consistencia firme.

**Calicata N° 21 – Progresiva 10+000**

**S/M. (Prof. 0.00 – 0.15)** Presenta limo arcilloso orgánico

**Muestra N° 1 (Prof. 0.15 – 0.50 m.)** Presenta Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color anaranjado con manchas de color gris de consistencia firme.

**Muestra N°2 (Prof. 0.50 – 1.50 m.)** Los siguientes 1.00 m. está compuesto de Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color gris con manchas marrones de consistencia media.

**Calicata N° 22 – Progresiva 10+500**

**S/M. (Prof. 0.00 – 0.10)** Presenta limo arcilloso orgánico

**Muestra N° 1 (Prof. 0.10 – 0.25 m.)** Presenta Arcilla inorgánica de alta plasticidad, color marrón claro de consistencia firme.

**Muestra N°2 (Prof. 0.25 – 0.80 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color beige con manchas marrones de consistencia firme.

**Muestra N°3 (Prof. 0.80 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color beige de consistencia media.

### **Calicata N° 23 – Progresiva 11+000**

**S/M. (Prof. 0.00 – 0.15)** Presenta limo arcilloso orgánico

**Muestra N° 1 (Prof. 0.15 – 0.50 m.)** Presenta Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color gris claro de consistencia firme.

**Muestra N°2 (Prof. 0.50 – 1.30 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color rojizo, de consistencia firme.

**Muestra N°3 (Prof. 1.30 – 1.50 m.)** Arcilla inorgánica de mediana plasticidad, color lila con manchas grises de consistencia firme.

A partir de los resultados de laboratorio, se elaboró los perfiles estratigráficos de cada uno de los tramos, a lo largo de toda su longitud, perfiles que nos ha permitido determinar secciones de características similares, y escoger puntos representativos generales y específicos; los generales para determinar las características de los suelos predominantes y similares en las calicatas escogidas, y los específicos para determinar las características mecánicas de los suelos de sub rasante.

**Tabla 17***Resumen de la descripción de los suelos*

IDENTIFICACIÓN		PROF. (M)	HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIAS			MATERIAL QUE PASA Malla N° 200 (%)	M.D.S. (gm/cm <sup>3</sup> )	O.C.H. (%)	C.B.R.		CLASIFICACIÓN	
CALICATA PROGRESIVA				LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO (%)				100%	95%	S.U.C.S.	A.A.S.H.T.O.
<u>C - 01</u>	M1	0.00 - 0.30	4.90	17.20	10.60	6.60	10.22					GP-GC	A-2-4=(0)
00+000	M2	0.30 - 1.50	10.74	24.50	16.10	8.40	68.34	1.950	10.50	18.20	12.90	CL	A-4=(7)
<u>C - 02</u>	M1	0.00 - 0.20	2.15	21.50	10.65	10.85	13.31					GC	A-2-6(0)
00+500	M2	0.20 - 1.50	12.83	33.20	13.60	19.60	91.81	1.98	13.80	9.50	7.10	CL	A-6=(12)
<u>C - 03</u>	M1	0.00 - 0.30	4.29	18.10	11.55	6.55	10.88					GP-GC	A-2-4=(0)
01+000	M2	0.30 - 1.50	17.38	51.10	32.00	19.10	92.06	1.619	22.78	3.10	2.60	ML	A-7-5=(13)
<u>C - 04</u>	M1	0.00 - 1.50	16.32	36.40	19.30	17.10	95.30	1.698	19.60	13.4	10.5	CL	A-6=(11)
01+500													
<u>C - 05</u>	M1	0.00 - 1.50	3.20	21.20	14.50	6.70	14.42	2.105	6.50	65.00	46.50	SC-SM	A-2-4=(0)
02+000													
<u>C - 06</u>	M1	0.00 - 0.20	3.40	29.50	12.75	16.75	10.14					GP-GC	A-2-4=(0)
02+500	M2	0.20 - 1.50	8.07	32.00	14.85	17.15	93.77	1.870	14.70	5.50	3.20	CL	A-6=(11)
<u>C - 07</u>	M1	0.00 - 0.25	3.97	24.30	12.15	10.15						GP-GC	A-2-6(0)
03+000	M2	0.25 - 1.50	16.78	44.30	14.65	29.65	84.31	1.810	15.70	3.50	2.90	CL	A-7-6=(16)
<u>C - 08</u>	M1	0.00 - 0.40	4.77	21.80	11.75	10.05	24.84					SC	A-2-4=(0)
03+500	M2	0.40 - 1.50	22.55	50.40	21.10	29.30	80.53	1.742	17.57	3.10	2.80	CH	A-7-6=(17)
	M1	0.00 - 0.10	3.07	22.30	12.45	9.85	25.49					SC	A-2-4=(0)
<u>C - 09</u>	M2	0.10 - 0.40	23.33	47.00	20.25	26.75	98.37					CL	A-7-6=(16)
04+000	M3	0.40 - 0.90	20.57	43.30	18.45	24.85	97.48					CL	A-7-6=(14)
	M4	0.90 - 1.50	22.59	34.60	18.30	16.30	98.59	1.757	17.80	3.70	3.10	CL	A-6=(10)
	M1	0.00 - 0.25	4.38	19.30	12.45	6.85	14.52					SC-SM	A-2-4=(0)
<u>C - 10</u>	M2	0.25 - 0.60	15.08	30.10	13.50	16.60	54.54					CL	A-6=(6)
04+500	M3	0.60 - 1.50	24.15	40.50	14.65	25.85	67.94	1.831	13.50	6.60	4.00	CL	A-6=(12)
<u>C - 11</u>	M1	0.00 - 0.20	23.10	32.50	17.85	41.04						SC	A-6=(3)
05+000	M2	0.20 - 1.50	24.33	47.40	17.65	29.75	73.62	1.726	19.78	3.70	2.80	CL	A-7-6=(16)
	M1	0.00 - 0.20	4.06	26.80	13.75	13.05	36.65					SC	A-6=(0)
<u>C - 12</u>	M2	0.20 - 1.20	21.18	50.20	23.25	26.95	99.89					CH	A-7-6=(16)
05+500	M3	1.20 - 1.50	23.65	50.20	20.75	29.45	99.05	1.660	20.00	3.20	1.90	CH	A-7-6=(18)
	M1	0.00 - 0.20	2.32	27.60	12.90	14.70	22.07					GC	A-2-6=(0)
<u>C - 13</u>	M2	0.20 - 1.30	25.59	52.50	15.10	37.40	99.19					CH	A-7-6=(18)
06+000	M3	1.30 - 1.50	32.36	67.50	25.90	41.60	91.87	1.598	18.58	1.50	1.20	CH	A-7-6=(20)
	M1	0.00 - 0.20	3.63	23.50	14.00	9.50	12.18					GC	A-2-4(0)
<u>C - 14</u>	M2	0.20 - 1.20	6.83	20.90	12.80	8.10	39.46					SC	A-4=(1)
06+500	M3	1.20 - 1.50	11.82	31.90	12.55	19.35	64.38	1.936	9.10	10.4	7.9	CL	A-6=(9)

<u>C - 15</u>	M1	0.00 - 0.20	2.33	24.10	12.35	11.75	13.11					GC	A-2-6=(0)
07+000	M2	0.20 - 0.70	24.67	55.10	23.65	31.45	92.57					CH	A-7-6=(19)
	M3	0.70 - 1.50	16.72	40.30	24.05	16.25	88.18	1.753	18.23	4.50	3.80	CL	A-6=(10)
<u>C - 16</u>	M1	0.00 - 0.20	5.79	29.10	17.55	11.55	28.02					SC	A-7-6=(0)
07+500	M2	0.20 - 0.90	31.58	52.30	22.70	29.60	97.91					CH	A-7-6=(18)
	M3	0.90 - 1.50	29.82	51.30	20.80	30.50	97.36	1.662	16.80	1.90	1.30	CH	A-7-6=(18)
<u>C - 17</u>	M1	0.00 - 0.35	3.82	19.30	12.80	6.50	10.15					GP-GC	A-2-4=(0)
08+000	M2	0.35 - 1.10	19.77	50.20	19.10	31.10	87.66					CL	A-7-6=(18)
	M3	1.10 - 1.50	29.10	46.50	21.50	25.00	86.72	1.751	18.50	3.80	2.90	CL	A-7-6=(15)
<u>C - 18</u>	M1	0.00 - 0.40	19.93	43.30	22.95	20.35	92.41					CL	A-7-6=(13)
08+500	M2	0.40 - 1.30	20.37	34.10	17.10	17.00	65.69	1.989	12.44	9.10	6.80	CL	A-6=(8)
<u>C - 19</u>	M1	0.00 - 0.25	2.13	19.30	14.20	5.10	12.03					SM-SC	A-1-a=(0)
09+000	M2	0.25 - 1.50	12.96	29.40	15.50	13.90	40.09	1.987	10.03	9.90	5.80	SC	A-6=(2)
<u>C - 20</u>	M1	0.00 - 0.30	4.11	NL	NP	NP	9.21					SP-SM	A-1-b=(0)
09+500	M2	0.30 - 1.50	25.50	41.30	19.05	22.25	86.46	1.771	16.30	5.00	4.00	CL	A-7-6=(13)
<u>C - 21</u>	M1	0.15 - 0.50	27.63	44.20	20.25	23.95	65.74					CL	A-7-6=(12)
10+000	M2	0.50 - 1.50	28.16	46.30	22.05	24.25	71.32	1.73	14.80	4.00	2.90	CL	A-7-6=(13)
	M1	0.10 - 0.25	30.16	50.10	21.90	28.20	95.41					CH	A-7-6=(17)
<u>C - 22</u>	M2	0.25 - 0.80	26.44	41.10	18.40	22.70	98.23					CL	A-7-6=(13)
10+500	M3	0.80 - 1.50	16.25	28.00	15.10	12.90	81.08	1.815	10.60	7.20	5.80	CL	A-6=(9)
	M1	0.15 - 0.50	18.23	36.40	20.15	16.25	94.58					CL	A-6=(10)
<u>C - 23</u>	M2	0.50 - 1.30	23.49	40.90	19.95	20.95	97.47					CL	A-6=(12)
11+000	M3	1.30 - 1.50	17.13	35.90	16.45	19.45	81.02	1.832	17.12	7.00	5.20	CL	A-6=(11)

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **4.2.7. Nivel freático**

Según el manual de Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos, la superficie de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre y, a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada. En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario.

#### **4.2.8. Análisis del valor relativo de soporte C.B.R.**

##### **4.2.8.1. De la sub-rasante**

La capa superficial del terreno natural o capa de la plataforma en relleno, constituida por los últimos 0.60 m de espesor, debajo del nivel de la sub rasante proyectada, salvo que los planos del proyecto o las especificaciones especiales indiquen un espesor diferente, serán estudiados para la determinación del CBR de la sub-rasante, su capacidad de soporte en condiciones de servicio junto con el tránsito y la calidad de materiales de su construcción, influirá mucho en su espesor.

Cuando la variedad de materiales predominantes en la sub rasante, no permitan mantener un criterio homogéneo en el momento de determinar el valor promedio de CBR y se tiene menos de 6 valores de CBR por tipo de suelo representativo se puede tomar los siguientes criterios:

Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.

Si los valores son muy distantes, tomar el valor más crítico o más bajo.

Otro valor que ayudará mucho para la caracterización del suelo de sub-rasante es el índice de grupo, éste valor, a dimensional establece un límite en el criterio de aplicación, si éste es menos de 20 es posible su mejoramiento, si es mayor de 20 es un suelo no utilizable para caminos.

Según la Tabla 16 se determinó un resumen del estado de la subrasante en la siguiente tabla:

**Tabla 18***Análisis de la subrasante en función de Í.G. y el C.B.R.*

Nº	Prog. (Km)	Prof. (m)	SUCS	AASHTO	M.D.S gr/cm <sup>3</sup>	O.C.H. (%)	C.B.R. (%)		Observaciones
							100% MDS	95% MDS	
1	00+000	0.30-1.50	CL	A-4(7)	1.950	10.50	18.20	12.9	Subrasante de regular a buena
2	00+500	0.20-1.50	CL	A-6(12)	1.979	13.80	9.50	7.10	Subrasante pobre, realizar mejoramiento.
3	01+000	0.30-1.50	MH	A-7-5(13)	1.619	2.78	3.10	2.60	Subrasante muy pobre, realizar mejoramiento.
4	01+500	0.00-1.50	CL	A-6(11)	1.698	19.60	13.40	10.50	Subrasante pobre, realizar mejoramiento
5	02+000	0.00-1.50	SC-SM	A-2-4(0)	2.105	6.50	65.00	46.50	Subrasante excelente
6	02+500	0.20-1.50	CL	A-6(11)	1.870	14.70	5.50	3.20	Subrasante pobre, realizar mejoramiento
7	03+000	0.25-1.50	CL	A-7-6(16)	1.810	15.70	3.50	2.90	Subrasante muy pobre, realizar mejoramiento
8	03+500	0.40-1.50	CH	A-7-6(17)	1.742	17.57	3.10	2.80	Subrasante muy pobre, realizar mejoramiento.
9	04+000	0.40-0.90	CL	A-6(10)	1.757	17.80	3.70	3.10	Subrasante pobre, realizar mejoramiento
10	04+500	0.60-1.50	CL	A-6(12)	1.831	13.50	6.60	4.00	Subrasante pobre, realizar mejoramiento
11	05+000	0.20-1.50	CL	A-7-6(16)	1.726	19.78	3.70	2.80	Subrasante muy pobre realizar mejoramiento
12	05+500	0.20-1.20	CH	A-7-6(18)	1.660	20.00	3.20	1.90	Subrasante muy pobre, realizar mejoramiento.
13	06+000	0.20-1.30	CH	A-7-6(18)	1.598	18.58	1.50	1.20	Subrasante muy pobre, realizar mejoramiento.
14	06+500	0.20-1.20	CL	A-6(9)	1.936	9.10	10.40	7.90	Subrasante de regular a buena
15	07+000	0.20-0.70	CL	A-6(10)	1.753	18.23	4.50	3.80	Subrasante pobre, realizar mejoramiento
16	07+500	0.90-1.50	CH	A-7-6(18)	1.662	16.80	1.90	1.30	Subrasante muy pobre, realizar



17	08+000	1.10-1.50	CL	A-7-6(15)	1.751	18.50	1.751	18.50	Subrasante muy pobre, realizar mejoramiento
18	08+500	0.40-1.30	CL	A-6(8)	1.989	12.44	9.10	6.80	Subrasante de regular a buena
19	09+000	0.25-1.50	SC	A-6(2)	1.987	10.03	9.90	5.80	Subrasante de regular a buena
20	09+500	0.30-1.50	CL	A-7-6(13)	1.771	16.30	5.00	4.00	Subrasante pobre, realizar mejoramiento
21	10+000	0.50-1.50	CL	A-7-6(13)	1.730	14.80	4.00	2.90	Subrasante pobre, realizar mejoramiento
22	10+500	0.80-1.50	CL	A-6(9)	1.815	10.60	7.20	5.80	Subrasante regular
23	11+000	1.30-1.50	CL	A-6(11)	1.832	17.12	7.00	5.20	Subrasante regular

Según la Tabla 17, el plano de perfil estratigráfico y siguiendo los criterios establecidos en la Tabla 17 podemos caracterizar el tramo completo de la siguiente manera:

#### Sectores en donde es necesario mejorar la subrasante

Del Km	Al Km	Longitud ( m )	Observación
00+750	01+250	500.00	Materiales o suelos finos o matriz fina, arcillas de mediana a alta plasticidad, suelos de tipo CL, CH, ML y Mh, según S.U.C.S. predomina las arcillas inorgánica de mediana plasticidad, con CBR muy pobre según el tipo de subrasante, por lo tanto, el material a emplear tendrá un $CBR \geq 10\%$ e $IP < 10$ , o en todo caso será similar
02+250	06+250	4,000.00	
06+750	08+250	1,500.00	
08+750	11+000	2,250.00	
<b>Total</b>		<b>8,250.00 m.</b>	

#### Procedimiento para Determinar el Espesor de Reemplazo en Función al Valor Soporte o Resistencia del Suelo

Este procedimiento de cálculo para determinar en sectores localizados, el espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de subrasantes pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre  $CBR \geq 3\%$  y  $CBR < 6\%$ , calculándose según el siguiente cuadro de espesores recomendados de material a reemplazar:

**Tabla 19***Espesores recomendados para estabilización por sustitución de suelos* $3\% \leq \text{CBR} \leq 6\%$ 

Tráfico		Espesor de reemplazo con material CBR>10% (cm)
0	25 000	25.0
25 001	75 000	30.0
75 001	150 000	30.0
150 001	300 000	35.0
300 001	500 000	40.0
500 001	750 000	40.0
750 001	1 000 000	45.0
1 000 001	1 500 000	55.0
1 500 001	3 000 000	55.0
3 000 001	5 000 000	60.0
5 000 001	7 500 000	60.0
7 500 001	10 000 000	65.0
10 000 001	12 500 000	65.0
12 000 001	15 000 000	65.0
15 000 001	20 000 000	70.0
20 000 001	25 000 000	75.0
25 000 001	30 000 000	75.0

**Notas:**

1. Coef. Estructural del material con CBR 10%  
 $a=0.021$
2. Coef. Drenaje del material a colocar  $m=10$

Teniendo en consideración que el valor de número de ejes equivalentes proyectados, para un periodo de servicio de 10 años, según la Tabla 17, por lo tanto, según la Tabla 19 se puede determinar que el espesor recomendado para estabilización por sustitución de suelos es de 40 cm.

### Sectores en donde no es necesario mejorar la subrasante

Del Km	Al Km	Longitud ( m )	Observación
00+000	00+750	750.00	Materiales o suelos finos o matriz fina, arena arcillas limosas, suelos de tipo CL, CH, SC-SM y SC, según S.U.C.S. predomina las arcillas inorgánica de mediana plasticidad, con CBR regular según el tipo de subrasante.
01+250	02+250	1,000.00	
06+250	06+750	500.00	
08+250	08+750	500.00	
<b>Total</b>		<b>2,750.00 m.</b>	

### 4.2.9. Estudio de canteras y fuentes de agua

#### 4.2.9.1. Fuente de material (canteras)

El interés del estudio de las fuentes de materiales de donde se extraerán agregados para diferentes usos principales como mejoramientos de suelos, terraplenes, afirmado, agregados para rellenos, sub base y base granular, agregados para tratamientos bituminosos, agregados para mezclas asfálticas y agregados para mezclas de concreto, es determinar si los agregados son o no aptos para el tipo de obra a emplear, en tal sentido se requiere determinar sus características mediante la realización de los correspondientes ensayos de laboratorio.

##### 4.2.9.1.1 Ubicación

Las Fuentes de Materiales o Canteras serán ubicadas en función a su distancia de la obra a realizar (centro de gravedad), considerando para su selección la menor distancia a la obra, siempre que cumplan con la calidad y cantidad (potencia) requeridas por la obra.

Para el efecto, se realizó un levantamiento topográfico del recorrido desde el inicio de la cantera a la obra, precisando kilometraje, longitud y tipo de acceso, asimismo se delimitó topográficamente los linderos de las fuentes de materiales o canteras.

##### 4.2.9.1.2. Descripción

Las Canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia), así como por su menor distancia a la obra. Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas, sondeos y/o trincheras de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio.

El estudio de canteras incluye la accesibilidad a los bancos de materiales, descripción de los agregados, usos, tratamiento, tipo, periodo de explotación, propiedad, permisos de uso y otras informaciones.

#### **4.2.9.1.3 Ensayos de laboratorio**

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de las canteras se efectuaron de acuerdo al Manual de Ensayo de Material para Carreteras del MTC (vigente) y serán las que señalen las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras del MTC (vigente).

##### **a) Ensayos estándar**

##### **Material para Terraplenes:**

Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107

Humedad Natural MTC E108

Límite Líquido de los suelos ASTM D-4318, MTC E110

Límite Plástico e Índice de Plasticidad ASTM D-4318, MTC E111

Determinación del Límite de Contracción, si se encuentra alta Actividad de los finos MTC E112

Gravedad Específica de los Suelos, MTC E113

Materia Orgánica en Suelos, MTC E118

##### **Material de Sub-base y Base:**

Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107

Material que pasa la Malla N° 200 ASTM C-117, MTC E202

Límite Líquido Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E110

Límite Plástico Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E111

Clasificación SUCS ASTM D-2487

Clasificación de Suelos AASTHO M-145, ASTM D-3282

Contenido Sales Solubles Totales MTC E219

Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E213

Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791

Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC E210

#### **4.2.9.1.4 Ubicación y datos básicos de las canteras**

Con la finalidad de detectar volúmenes alcanzables y explotables de materiales adecuados, que satisfagan las demandas de la rehabilitación y mejoramiento de la carretera, en la calidad y cantidad que requiere la ejecución de la obra, se ha efectuado una investigación de los diversos tipos de materiales existentes en la zona, basándonos en los siguientes principios: La calidad de los materiales se juzgó según el uso que se le dará.

Las canteras evaluadas son las de acceso más fácil, su explotación se realizó por

procedimientos eficientes y de bajo costo.

Su ubicación es la más cercana a la obra.

Se verificó que los bancos de materiales, por su ubicación no tengan problemas legales.(se adjunta Certificado de Libre Disponibilidad)

Cuadros en de datos básicos de las canteras granulares, ligante, terraplén y mejoramiento de sub rasante.

**Tabla 20**

*Ubicación y datos básicos de la cantera granular de cerro*

N°	Ítem/Nombre	Cantera granular de cerro.
01	Ubicación	Km. 0+700, lado izquierdo de la vía.
02	Acceso (longitud y estado)	A 100 metros, en regular estado.
03	Potencia (m3) (*)	50,000.00 m3
04	Rendimiento (%)	90%
05	Disponibilidad	Si
06	Propietario	Privado
07	Uso	En dosificación 100%
08	Explotación	Tractor Sobre Oruga, Cargador y Volquete

(\*) Datos en plano de cantera.

**Tabla 21**

*Ubicación y datos básicos de las canteras granulares*

N°	Ítem/Nombre	Cantera Material Granular N° 01 - Tununtunumba	Cantera Material Granular N° 02 - Shilcayo	Cantera Material Granular N° 03 - Pendencia
01	Ubicación	Cantera Granular Rio Huallaga, en el Caserío de Tununtunumba en el Km. 5+500 del tramo, lado derecho.	Cantera Rio Huallaga, en el Caserío de Shilcayo en el Km 11+000 del tramo, lado derecho.	Cantera Rio Huallaga, en el Caserío Pendencia en el Km. 17+500 del tramo, lado derecho.

02	Acceso (longitud y estado)	2,270 m. desde el Km. 5+500 del tramo, regular estado	290 m. desde el Km. 11+000 del tramo, en regular estado.	180 m. desde el Km. 17+500 del tramo, en regular estado.
03	Potencia (m3) (*)	179,500.00 m3	126,520.00 m3	76,490 m3
04	Rendimiento (%)	75%	90%	80%
05	Disponibilidad	Si	Si	Si
06	Propietario	Estatat	Estatat	Estatat
07	Uso	En dosificación 90%	En dosificación 90%	En dosificación 90%
08	Explotación	Tractor Sobre Oruga, Cargador y Volquete	Tractor Sobre Oruga, Cargador y Volquete	Tractor Sobre Oruga, Cargador y Volquete

(\*) Datos en planos de cantera.

**Tabla 22**

*Ubicación y datos básicos de la cantera de cerro - ligante*

Nº	Ítem/Nombre	Cantera Cerro Ligante
01	Ubicación	Km. 16+060, al costado del tramo en estudio.
02	Acceso (longitud y estado)	Al costado de la vía, lado derecho.
03	Potencia (m3) (*)	6,000.00 m3
04	Rendimiento (%)	90%
05	Disponibilidad	Si
06	Propietario	Privado
07	Uso	En dosificación 10%
08	Explotación	Tractor Sobre Oruga, Cargador y Volquete

(\*) Datos en plano de canteras.

**Tabla 23***Ubicación y datos básicos de las canteras para terraplenes y mejoramiento de subrasante*

N°	Ítem/Nombre	Cantera para Terraplén Km. 10+800	Cantera para Terraplén Km. 13+660	Cantera para Terraplén Km. 14+000
01	Ubicación	En el Km. 10+800, lado derecho de la vía.	En el Km. 13+660, lado derecho de la vía.	En el Km. 14+000, lado derecho de la vía.
02	Acceso (longitud y estado)	A 200 metros, en regular estado.	Al costado de la vía	Al costado de la vía.
03	Potencia (m3) (*)	3,600.00 m3	9,000.00 m3	14,000.00 m3
04	Rendimiento (%)	90%	90%	90%
05	Disponibilidad	Si	Si	Si
06	Propietario	Estatal, dentro del derecho de vía.	Estatal, dentro del derecho de vía.	Estatal, dentro del derecho de vía.
07	Uso	En dosificación 100%	En dosificación 100%	En dosificación 100%
08	Explotación	Tractor Sobre Oruga, Cargador y Volquete	Tractor Sobre Oruga, Cargador y Volquete	Tractor Sobre Oruga, Cargador y Volquete

(\*) Datos en planos de cantera.

**4.2.9.1.5 Muestreo**

Para muestreo de los estratos el consultor se ceñirá al Manual de Ensayo de Materiales del MTC vigente, norma MTC E 101. En lo no especificado en el Manual de Ensayo de Materiales, se procederá de acuerdo a lo siguiente:

Se realizará mínimo 05 exploraciones, por cada área menor o igual a una hectárea, la ubicación de los puntos de prospección será a distancias aproximadamente iguales, para luego densificar la exploración si se estima pertinente. Las exploraciones consistirán en calicatas, sondeos y/o trincheras, a profundidades no menores de la profundidad máxima de explotación, a fin de garantizar la real potencia de los bancos de materiales.

La cantidad de muestras extraídas de canteras deberá ser tal que permita efectuar los ensayos exigidos, así como también ensayos de verificación para rectificar y/o ratificar resultados poco frecuentes.

Las muestras representativas de los materiales de cada cantera serán sometidas a los ensayos estándar, a fin de determinar sus características y aptitudes para los diversos usos que sean necesarios (rellenos, afirmado, sub-base, base, obras de concreto hidráulico, etc.).

Se presentarán registros de exploraciones para cada una de las prospecciones, en donde se detallarán las ubicaciones de las prospecciones con coordenadas UTM-WGS84, a continuación, se presenta las propiedades físico mecánicas de las canteras.

#### 4.2.9.1.6. Propiedades físicos - mecánicas de las canteras.

**Tabla 24**

*Cantera N° 1. - Rio Huallaga (Tununtunumba): Acceso 2,270 m desde el Km. 5+500 de la carretera departamental.*

Canteras	Cantera Granular: Rio Huallaga - Tununtunumba	Unidades
Límites de Consistencias		
Limite Liquido	NL	%
Limite Plástico	NP	%
Índice de Plasticidad	NP	%
Clasificación Sucs	GP-GM	
Clasificación AASHTO	A-1-a(0)	
Granulometría		
% pasa a la malla N° 200	6.62	%
Uso Propuesto	Material Granular	

**Fuente:** Datos adjunto en certificados de suelos.

**Tabla 25**

*Cantera N° 2.- Rio Huallaga (Shilcayo); Acceso 290 m desde el Km. 11+000, de la carretera departamental.*

Canteras	Cantera Granular: Rio Huallaga - Shilcayo	Unidades
Límites de Consistencias		
Limite Liquido	NL	%
Limite Plástico	NP	%
Índice de Plasticidad	NL	%
Clasificación Sucs	GP	
Clasificación AASHTO	A-1-a(0)	
Granulometría		
% pasa a la malla N° 200	4.52	%
Uso Propuesto	Material Granular	

**Fuente:** Datos adjunto en Certificados de Suelos



**Tabla 26**

*Cantera de Cerro Ligante – Km 13+060; al costado de la carretera departamental.*

Canteras	Cantera de Cerro Ligante	Unidades
Límites de Consistencias		
Limite Liquido	39.50	%
Limite Plástico	19.90	%
Índice de Plasticidad	19.60	%
Clasificación Sucs	CL	
Clasificación AASHTO	A-6(10)	
Granulometría		
% pasa a la malla N° 200	67.60	%
Uso Propuesto	Material Ligante	

**Fuente:** Datos adjunto en certificados de suelos

**Tabla 27**

*Cantera para terraplén y/o mejoramiento de subrasante – Km. 10+800; Al costado de la vía, lado derecho de la carretera departamental.*

Canteras	Cantera de Cerro N° 02, Km. 10+800	Unidades
Límites de Consistencias		
Limite Liquido	19.90	%
Limite Plástico	15.00	%
Índice de Plasticidad	4.90	%
Clasificación Sucs	GC – GM	
Clasificación AASHTO	A-1-a(0)	
Granulometría		
% pasa a la malla N° 200	12.00	%
Uso Propuesto	Material Seleccionado	

**Fuente:** Datos adjunto en certificados de suelos

**Tabla 28**

*Cantera para terraplén y/o mejoramiento de subrasante – Km. 13+660;*

*Al costado de la vía, lado derecho de la carretera departamental.*

<b>Canteras</b>	<b>Cantera de Cerro N° 03, Km. 13+660</b>	<b>Unidades</b>
<b>Límites de Consistencias</b>		
Limite Liquido	22.40	%
Limite Plástico	13.25	%
Índice de Plasticidad	9.15	%
Clasificación Sucs	GC	
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)	
Granulometría	72.60	
% pasa a la malla N° 200		%
Uso Propuesto	Material Seleccionado	

**Fuente:** Datos adjunto en certificados de suelos

**Tabla 29**

*Cantera para terraplén y/o mejoramiento de Subrasante – Km. 14+000; Al costado de la*

*vía, lado derecho de la carretera departamental.*

<b>Canteras</b>	<b>Cantera de Cerro N° 04, Km. 14+000</b>	<b>Unidades</b>
<b>Límites de Consistencias</b>		
Limite Liquido	20.66	%
Limite Plástico	12.95	%
Índice de Plasticidad	7.05	%
Clasificación Sucs	SC	
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)	
Granulometría	16.24	
% pasa a la malla N° 200		%
Uso Propuesto	Material Seleccionado	

**Fuente:** Datos adjunto en certificados de suelos

#### 4.2.9.1.7. Propiedades Físicos - Mecánicas de las Mezclas.

**Tabla 30**

*Propiedades físicos – mecánicas de la mezcla (Granular Tununtunumba + Lig. Km. 16+060)*

Canteras	Dosificación para afirmado (90%-10%)	Unidades
C.B.R. al 100% de las MDS	63.20	%
C.B.R. al 95% de las MDS	38.00	%
Proctor modificado		
Máxima Densidad Seca (MDS)	2.222	grs./cm <sup>3</sup>
Humedad Natural		%
Abrasión	22.10	%
Límites de Consistencias		
Limite Liquido	21.60	%
Limite Plástico	13.80	%
Índice de Plasticidad	7.80	%
Granulometría		
% pasa a la malla N° 200	9.09	%
Clasificación		
S.U.C.S.	GP – GC	
A.A.S.H.T.O.	A-2-4(0)	
Uso Propuesto	Afirmado, Sub Base y Mejoramiento de Subrasante	
Piedra ≥ 2"		
Tratamiento	Zarandeo	
Equipos de Explotación	Tractor, cargador frontal, volquetas	
Tipo de Material	Fluvial/ Aluvial	

**Fuente:** Datos adjunto en certificados de suelos

**Tabla 31***Propiedades físicas – mecánicas de la mezcla (Granular Shilcayo + Lig. Km. 16+060)*

<b>Canteras</b>	<b>Dosificación para afirmado (90%-10%)</b>	<b>Unidades</b>
C.B.R. al 100% de las MDS	64.90	%
C.B.R. al 95% de las MDS	45.60	%
Proctor modificado		
Máxima Densidad Seca (MDS)	2.242	grs./cm <sup>3</sup>
Humedad Natural		%
Abrasión	21.70	%
Límites de Consistencias		
Limite Liquido	20.30	%
Limite Plástico	13.10	%
Índice de Plasticidad	7.20	%
Granulometría		
% pasa a la malla N° 200	11.06	%
Clasificación		
GP – GC		
A-2-4(0)		
Uso Propuesto	Afirmado, Sub Base y Mejoramiento de Subrasante	
Piedra ≥ 2"		
Tratamiento	Zarandeo	
Equipos de Explotación	Tractor, cargador frontal, volquetas	
Tipo de Material	Fluvial/ Aluvial	

**Fuente:** Datos adjunto en certificados de suelos

**Tabla 32***Propiedades físicas – mecánicas de la mezcla (Granular Pendencia + Lig. Km. 16+060)*

Canteras	Dosificación para afirmado (90%-10%)	Unidades
C.B.R. al 100% de las MDS	68.30	%
C.B.R. al 95% de las MDS	55.10	%
Proctor modificado		
Máxima Densidad Seca (MDS)	2.251	grs./cm <sup>3</sup>
Humedad Natural		%
Abrasión	21.80	%
Límites de Consistencias		
Limite Liquido	20.20	%
Limite Plástico	13.40	%
Índice de Plasticidad	6.80	%
Granulometría		
% pasa a la malla N° 200	8.52	%
Clasificación		
S.U.C.S.	GP – GC	
A.A.S.H.T.O.	A-2-4(0)	
Uso Propuesto	Afirmado, Sub Base y Mejoramiento de Subrasante	
Piedra ≥ 2"		
Tratamiento	Zarandeo	
Equipos de Explotación	Tractor, cargador frontal, volquetas	
Tipo de Material	Fluvial/ Aluvial	

**Fuente:** Datos adjunto en certificados de suelos

**Tabla 33***Propiedades físicas – mecánicas de la cantera granular de cerro*

Canteras	Dosificación para afirmado (90%-10%)	Unidades
C.B.R. al 100% de las MDS	43.00	%
C.B.R. al 95% de las MDS	32.50	%
Proctor modificado		
Máxima Densidad Seca (MDS)	2.214	grs./cm <sup>3</sup>
Humedad Natural		%
Abrasión	24.10	%
Límites de Consistencias		
Limite Líquido	20.20	%
Limite Plástico	15.80	%
Índice de Plasticidad	4.40	%
Granulometría		
% pasa a la malla N° 200	6.10	%
Clasificación		
S.U.C.S.	GP – GC	
A.A.S.H.T.O.	A-1-a(0)	
Uso Propuesto	Afirmado, Sub Base y Mejoramiento de Subrasante	
Piedra $\geq$ 2"		
Tratamiento	Zarandeo	
Equipos de Explotación	Tractor, cargador frontal, volquetas	
Tipo de Material	Fluvial/ Aluvial	

**Fuente: Datos adjunto en Certificados de Suelos****4.2.9.1.8.- Propiedad y usos de canteras**

Las canteras a utilizar por sus ubicaciones se encuentran fuera y dentro de la faja de dominio del Camino y pertenecen a propiedades fiscales, las siguientes: río Huallaga y Propiedades de terceros respecto a las canteras de cerro.

**4.2.10.- Fuentes de agua.****4.2.10.1. Ubicación**

Se determinó las fuentes de agua y distancia a la obra, así mismo se tuvo en cuenta el tipo de fuente, calidad de agua y disponibilidad y variación estacional.

En la época en que se realizó el estudio se encontraron varios puntos de agua, pero; solo se

tomaron en cuenta los de mayor caudal y los que no afecten a las poblaciones cercanas, durante la posterior etapa de ejecución del proyecto, las siguientes:

**Tabla 34**

*Cuadro de ubicación de fuentes de agua*

Progresiva	Lado	Acceso (m)	Coordenadas		Propietario de cantera	Observaciones / Comentarios
0+800.00	eje	0.00	9273750.64N	375049.11E	Estado	Quebrada Chazuta
4+270.00	eje	0.00	9274657.52N	377968.40E	Estado	Quebrada Tununtunumba
6+000.00	eje	0.00	9275196.21N	379519.90E	Estado	Quebrada Cumbacino
9+000.00	eje	0.00	9275253.41N	382375.39E	Estado	Quebrada Llucanayacu
12+080.00	eje	0.00	9274648.32N	38400.28E	Estado	Quebrada Shilcayo

**Fuente:** Inventario vial del proyecto y verificación en SITU.

#### **4.2.10.2. Ensayos de Laboratorio**

Se efectuarán ensayos químicos para determinar su calidad para su uso en obra, los requisitos de calidad para el agua, serán los estipulados en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras del MTC, vigente:

**Afirmado, Sub base, Base granular y Mezclas**

Contenido de sulfatos NTP 339.088, ASTM D516

Contenido de cloruros NTP 339.088, ASTM D512

Sólidos en suspensión NTP 339.088, ASTM D5907

Materia Orgánica NTP 339.088, NTP 339.072

#### **4.2.10.3. Muestreo**

Como primer paso para la determinación de la calidad de una fuente de agua, se realizó con una persona calificada, que recogió las muestras y las llevo al laboratorio. La muestra fue representativa de la fuente, cuya calidad se evaluó, teniendo cuidado de contaminarse antes de llegar al laboratorio, y, el envase utilizado fue nuevo; ya que la calidad de los resultados, depende de la integridad de las muestras que ingresan al mismo. La toma de la muestra se realizó con sumo cuidado, a fin de garantizar que el resultado analítico represente la composición real de la fuente de origen.

##### **a). Material de campo**

Envases para el muestreo (rotulados o bien envases y elementos para rotular cinta o etiqueta autoadhesiva y fibra indeleble)

Planillas de registro, cuaderno y lápiz.

GPS de frecuencia simple

## **b). Procedimiento**

### **Identificación del sitio de la toma de muestra:**

Se realizó de manera unívoca. Para la ubicación se utilizó un GPS de frecuencia simple con precisión de 1 a 3 m en post-proceso, de lo contrario especificar el lugar de la manera más concreta posible.

### **Información requerida:**

Al momento de muestreo se recabar, como mínimo, la siguiente información:

Identificación unívoca de la muestra (nombre, código, etc.)

Identificación del sitio de muestreo (georeferenciación: latitud, longitud)

Tipo de fuente y características de la misma

Información acerca de la Quebradas, donde se ha muestreado e información adicional acerca de problemas que detecta el personal que puede atribuirse al agua, volumen diario que se extrae normalmente o algún dato indirecto que permita el cálculo (capacidad o volumen de la cisterna, altura de llenado).

Condiciones de muestreo (fecha y hora).

Tipo de análisis a efectuar (físico-químico)

Reactivo empleado para su preservación, en caso de ser utilizado.

La información de la calidad de agua, se adjunta en los certificados, siendo estos óptimos para utilizar en la obra.

Los resultados del **Estudio de Suelos**, canteras y fuentes de agua se encuentran en El **Anexo N° 01**

## **4.3 Estudio de impacto ambiental**

### **4.3.1. Identificación de impactos ambientales**

La identificación y evaluación de impactos ambientales y sociales, corresponde a un análisis integral de toda la vía del proyecto: **“Diseño de pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal Chazuta – Shilcayo, L= 11.00 Km., distrito chazuta,**



**provincia y región San Martín**". Los impactos identificados se toman en cuenta, articulando los impactos al medio físico (clima, zonas de vida, calidad de aire, geología, geomorfología, suelos y su capacidad de uso mayor, hidrología, calidad de agua y calidad de suelo), medio biológico (Flora, fauna e hidrobiología), y los impactos generados al medio socioeconómico, en todo el área de influencia del Tramo.

#### **4.3.1.1. Metodología**

La selección de los métodos de evaluación de impactos ambientales y sociales consideró como criterio principal el uso de metodologías aceptadas por la autoridad ambiental competente, optándose por el empleo de una matriz de Análisis de interacción aspectos – Impactos ambientales y sociales a partir del cual se identificaron los efectos e impactos del proyecto. En esta matriz se realizó la identificación de los impactos ambientales y sociales determinando su condición de adverso (negativo) o favorable (positivo) así como su condición de directo e indirecto, bajo una connotación de causa-efecto.

A partir de la identificación de impactos ambientales se realizó la descripción y evaluación de los impactos ambientales, considerando metodologías tanto para la etapa de construcción vial como para su operación y mantenimiento.

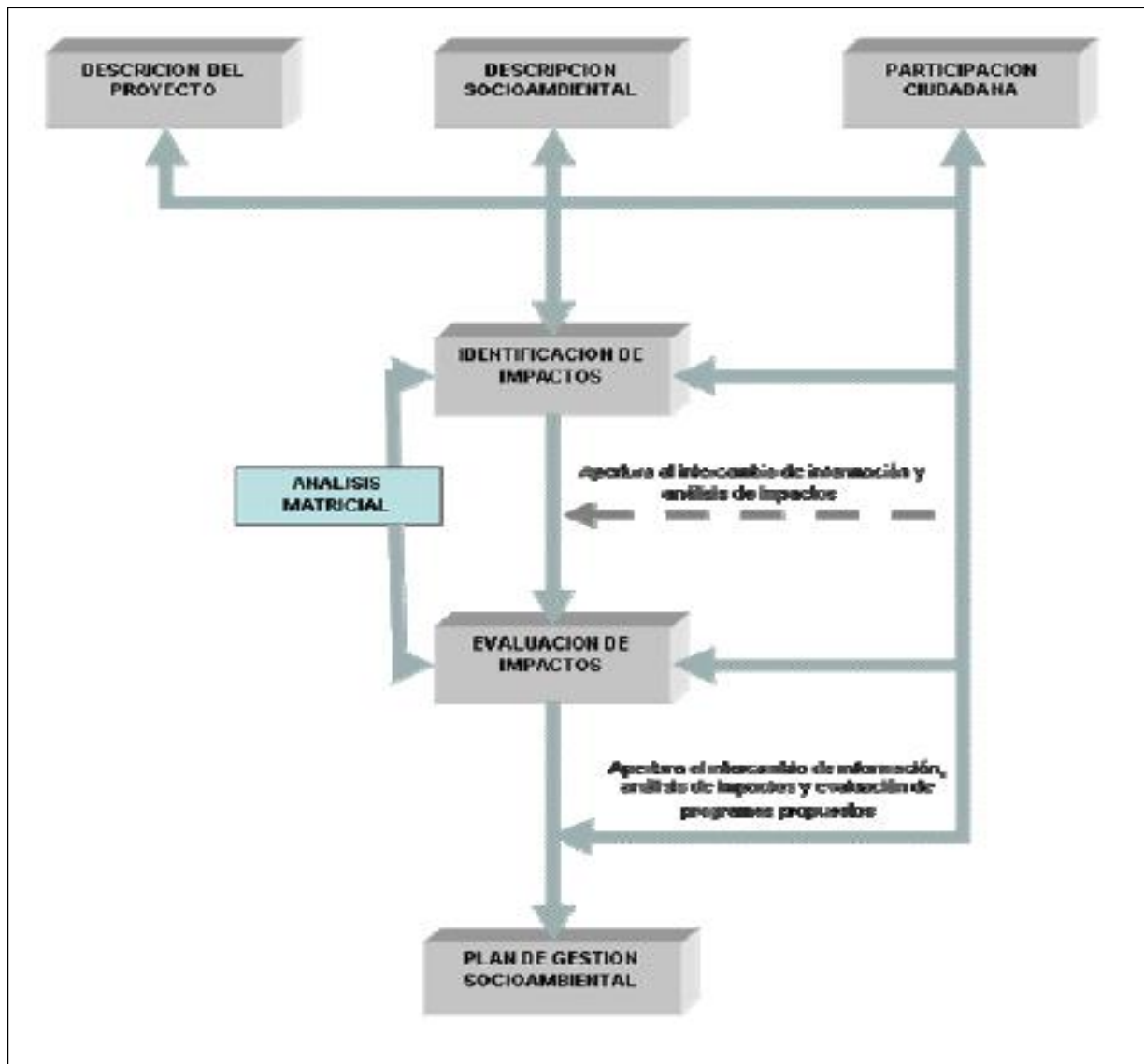
La evaluación de impactos ambientales en la etapa de construcción vial, que incluye las áreas auxiliares de apoyo temporal, utilizó la metodología de análisis a través de una matriz lineal, en la cual se calificó el impacto en base a su ubicación espacial para lo cual se realizó la interpretación cartográfica en base a los mapas temáticos generados en la línea base. De este modo, en el presente análisis se ha podido extraer conclusiones para los tipos de regiones que resultaron de realizar un sobre-posición de mapas identificando aquellas áreas potencialmente sensibles frente a las obras de construcción del proyecto.

Cabe señalar, que además de las metodologías mencionadas, los impactos socio ambientales fueron identificados y evaluados por la Ciudadanía a través de su participación en los distintos espacios del Plan de Participación Ciudadana aplicados en las localidades del área de influencia social del proyecto.

El resultado de la realización de matrices y de la evaluación de impactos sociales y ambientales, se consolida en un Plan de Manejo Socio Ambiental en el cual están descritos los programas que se realizarán durante las etapas de mantenimiento, rehabilitación, mejoramiento, construcción y operación.

Cabe señalar que el proceso de participación ciudadana es permanente y abierto durante todo el proceso de realización del estudio de impacto socio ambiental, de tal manera que no solo

durante la realización de talleres informativos, participativos o talleres técnicos se recopilen observaciones o alcances para este estudio, sino durante todo el proceso de consolidación del estudio.



*Figura 5:* Metodología de la evaluación de impactos

#### 4.3.1.2. Elaboración de matriz de Leopold

Se desarrolla una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo que contienen acciones proyectadas y factores ambientales susceptibles de verse modificados por el proyecto.

La matriz de Leopold no es un sistema de evaluación ambiental, sino esencialmente un método de identificación y puede ser usado como un método de resumen para la

comunicación de resultados. Es el análisis posterior, que se haga de la matriz, el que permitirá evaluar los efectos y dar las mejores alternativas de solución para los mismos.

Para la identificación y valoración de los impactos ambientales potenciales del proyecto, se empleó el método de matriz de interacción de doble entrada de tipo combinada. Para ello se usó la valoración escalar centesimal descrita en el siguiente cuadro:

**Tabla 34**

*Valoración escalar centesimal*

Clasificación		Símbolo	Valor escalar	Concepto
Muy óptimo		MO	1.00	Impacto muy positivo
	Alto	OA	0.875	Impacto positivo alto
Óptimo	Medio	OM	0.750	Impacto positivo medio
	Bajo	OB	0.625	Impacto positivo bajo
Regular		R	0.50	Impacto medio (+) (-)
	Bajo	IB	0.375	Impacto negativo leve
Irregular	Medio	IM	0.250	Impacto negativo moderado
	Alto	IA	0.125	Impacto negativo fuerte
Muy Irregular		MI	0.00	Impacto muy irregular

Las ponderaciones de los efectos negativos y positivos consignadas en la matriz se fundamentan en los siguientes criterios teóricos y escalas de evaluación:

**Ocurrencia espacial:** Puntual, cuando sus efectos son solo evidenciados en el lugar que se ejecutan; Local cuando los efectos se evidencian más allá del lugar donde se ejecutan, pero sin transgredir el área de influencia directa del proyecto y Zonal, cuando los efectos logran evidenciarse más allá del área de influencia directa del Proyecto.

**Temporalidad:** Un efecto puede tener una duración variable, así puede tener un carácter Inmediato si este se produce solo cuando se produce la actividad y una vez que la causa desaparece el efecto también lo hace, Temporal si una vez concluida la actividad, el efecto se mantiene por un tiempo mayor, luego de lo cual cesa o Permanente si el efecto se mantiene en el tiempo.

**Reversibilidad:** Las consecuencias de una actividad pueden ser reversibles, si una vez concluida la causa, el factor considerado logra volver a su estado inicial en el tiempo e Irreversible, sí no logra volver a su estado original y el cambio es permanente.

En este contexto la matriz de impacto ambiental consigna los siguientes tipos de impactos:

**Impacto Negativo Leve:** Se considera como tal el impacto negativo reversible, inmediato y puntual que ocurre sólo cuando el agente causal se presenta o cuyo efecto puede ser inmediatamente contrarrestado o asimilado por el receptor.

**Impacto Negativo Moderado:** Impacto negativo, reversible, temporal y local que se genera por acción directa o indirecta de un agente causal cuya ocurrencia puede afectar a uno o más parámetros, o por el efecto acumulado de impactos leves en el mismo ámbito de ocurrencia.

**Impacto Negativo Severo:** Es el impacto negativo, reversible o irreversible, temporal o permanente, puntual, local o zonal que se genera por acción directa o indirecta de un agente causal o por los efectos acumulados de impactos de tipo moderado en un mismo espacio y tiempo y que requiere obligatoriamente la implementación de medidas de mitigación y prevención y control.

**Impacto Negativo Crítico:** Es el impacto negativo, reversible o irreversible, temporal o permanente, puntual, local o zona; que se genera por acción de un sólo agente causal (o por el desarrollo de actividades) que genere impactos negativos en más de un parámetro provocando un efecto acumulado en tal magnitud que sobrepase la capacidad de carga de; sistema natural o que constituya un alto riesgo para la salud o integridad física de los trabajadores y pobladores requiriendo obligatoriamente la implementación de medidas de prevención y/o mitigación y control.

**Impacto Positivo Moderado:** Es el efecto que genera un beneficio temporal, local, ejemplo, la generación de empleos.

**Impacto Positivo Alto:** Es el efecto que genera un beneficio permanente, local y zonal, por ejemplo, la puesta en marcha del proyecto.

Cabe señalar que, si bien se trata de dar una explicación lo más explícita posible sobre los tipos impactos categorizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental, basados sobre la ocurrencia espacial, reversibilidad y temporalidad de una actividad o como un efecto acumulado de varios eventos simultáneos ocasionados por una sola actividad, también es preciso señalar que sobre lo expuesto, las ponderaciones empleadas han sido sujeto de análisis y determinadas tomando en cuenta los tipos de receptores del impacto y la magnitud de su afectación. Por lo tanto, cada efecto es analizado por separado presentándose un cuadro adjunto en el cual se detallan las actividades causantes del impacto negativo o positivo, la ubicación, el área comprometida, el receptor del impacto y su tipo de impacto. La ponderación final de impacto en el ámbito de su influencia se muestra al final de la Matriz de Impacto Ambiental.

A continuación, se detalla las matrices de Leopold del presente proyecto:

La identificación del impacto del proyecto sobre el medio ha dado como resultado un Impacto Negativo Leve (IB), lo que indica que el proyecto no tendrá un efecto negativo fuerte sobre el medio circundante; y lo que ocasiona que el proyecto sea viable.



## **4.4 Estudio de tráfico**

### **4.4.1. Introducción**

El inventario vial de la carretera ha sido desarrollado en base a la información física obtenida de la inspección pormenorizada del campo, así como las recomendaciones de los especialistas de Geología - Geotecnia, Hidrología - Drenaje y de Suelos.

El presente trabajo, comprende la información sobre la ubicación, cantidad y evaluación del estado en que se encuentran las obras de arte mayores y menores, señalización, plataforma y sistema de drenaje longitudinal (cunetas), del Camino Vecinal Chazuta – Shilcayo, y de ser necesario sugerir la construcción de estructura adicional.

Esta información permitirá determinar el tipo de intervención que necesita la vía, teniendo en cuenta la necesidad de conservarlas, reponerlas o adicionar nuevas estructuras en lugares donde se considere necesario.

El presente estudio comprende:

Tramo I: Chazuta – Caserío Shilcayo, con una longitud de 11.0 km, tramo ejecutado en años anteriores, es el tramo a mejorar.

Vehículos.

El desarrollo de este estudio contempla los siguientes alcances

Evaluación del tránsito existente

Metodología de trabajo de campo

Determinación del índice medio diario (IMD)

### **4.4.2. Criterios a considerar para un Estudio de Tráfico Vehicular**

#### **A. Métodos de control**

El Conteo Vehicular Pueden realizarse por medios automáticos o manualmente.

#### **Medios Manuales**

Suministran una información más completa durante períodos de tiempos cortos, sin embargo requiere contar con suficiente personal adecuadamente preparado. Es un método costoso.

Para realizar conteo manual un clasificador (observador) anota el paso de cada vehículo por hora llenando un formato especial o actuando sobre unos contadores manuales.

Si las intensidades horarias son elevadas, son necesarios varios clasificadores; en caso de encuestas se detienen los vehículos en ambos sentidos; se procede a realizar una encuesta.

## **Medios Automáticos**

Los contadores automáticos para el conteo pueden ser de tipo neumático, y en ellos un vehículo al pisar un tubo de goma extendido sobre la calzada transmite un impulso a una membrana que cierra un circuito eléctrico.

Los contadores automáticos pueden ser: totalizadores que simplemente van acumulando todos los impulsos que reciben, y registradores dotados de un aparato de relojería que imprime sobre una cinta el número de vehículos que pasa cada cierto tiempo, en general una hora.

Asimismo, se pueden utilizar aparatos de presión, electromagnéticos y electrónicos: de radar, ultrasónicos o infrarrojos.

En general y salvo instalaciones complicadas, los contadores mecánicos no sirven para conocer la composición del tráfico, por lo que han de completarse con datos manuales. Sin embargo, determinados aparatos pueden distinguir los vehículos en función de su peso, altura o longitud.

## **B. Estaciones de control**

### **Estaciones Permanentes**

Son estaciones de control donde se registra la información de la intensidad de la circulación en cada hora del año.

### **Estaciones Principales**

Son estaciones que se ubican en tramos homogéneos y representativos, pueden realizarse en forma mensual, semanal o diario, según la variación del tráfico.

Se recomienda realizar toma de datos de manera continua las 24 horas del día durante 7 días de la semana, como mínimo.

### **Estaciones de Cobertura**

Cada estación de cobertura debe representar un tramo de tráfico uniforme, generalmente son estaciones de tráfico de menor intensidad de circulación de vehículos, pueden realizarse en forma mensual, semanal o diario.

Se recomienda realizar toma de datos de manera continua las 24 horas del día durante 5 días de la semana, 4 días laborables y 1 día sábado o domingo, como mínimo.

## **C. Selección de estaciones**

La selección de estaciones para el estudio de tráfico, está relacionada directamente con los únicos enlaces entre los dos distritos.



### **Reconocimiento previo de la red**

Realizar un recorrido de campo por el sector de las estaciones en donde se va a efectuar el estudio de tráfico con la finalidad de:

Observar los flujos vehiculares y sus nodos generadores de tránsito. por ejemplo la existencia de poblaciones, puertos, fábricas, zonas agrícolas, etc., anotando su ubicación precisa.

Observar y anotar la ubicación de los desvíos con flujo importante; por ejemplo acceso a una población, puerto ó fábrica; también los desvíos de rutas nacionales y/o departamentales. Verificar las estaciones de control "preliminares", anotando su ubicación real y los servicios básicos que pueda brindar allí ó en las cercanías, tales como restaurante, cafetería, teléfono, alojamiento, iluminación de la carretera, etc.

Anotar las "probables" estaciones de control que puedan ser alternativas de las anteriores señaladas.

Efectuar mediciones breves del flujo vehicular en las estaciones de control determinada.

Al final de esta actividad, en gabinete se deberá tener en forma definitiva:

Ubicación precisa de estaciones de control y tramos homogéneos.

Establecimientos de servicios básicos para los encuestadores y clasificadores y lista de precios.

Listado de Universidades y/o Colegios que servirán más adelante para la contratación de personal local.

### **Criterios de Selección de Estaciones**

La estación se ubicará en lo posible a una distancia intermedia entre centroides, es decir en un lugar equidistante entre centroides.

Las estaciones deberán estar ubicadas en los tramos homogéneos de la red vial estudiada

Las estaciones estarán ubicadas en lugares de fácil accesibilidad

En un lugar de la Vía con visibilidad para evitar accidentes

En lugares que minimicen las interrupciones en el tránsito

De preferencia se eligen estaciones en los emplazamientos de un servicentro de expendio de combustible (grifos), estaciones de peaje, puentes ó de un control policial/ militar, por ser lugares fácilmente ubicables.

Por otro lado, las estaciones se deben ubicar en zonas donde la visibilidad de la vía es buena, de tal manera que los encuestadores vean con anticipación los vehículos que se acercan. Asimismo, es preferible lugares donde exista iluminación nocturna. En general, las

estaciones de control se deben ubicar en lugares tales que permitan captar el flujo vehicular representativo.

Para el presente estudio la cuantificación del tráfico actual del Camino Vecinal Chazuta – Shilcayo se realizó por medios manuales determinándose los tramos homogéneos que se describen en el cuadro siguiente, los mismos que representan el flujo vehicular normal para la zona de influencia a lo largo de la vía.

#### **4.4.3. Metodología**

En el estudio de tráfico se efectuó las siguientes actividades:

##### **A. Etapa de planificación**

Obtención y Revisión de la información de fuente secundaria.

Reconocimiento de Ruta.

Determinación de Estaciones y tramos homogéneos.

Diseño de los formatos y esquema de conteo.

##### **B. Etapa de organización**

Programa de Actividades

Adquisición de materiales y equipos.

Contratación y Adiestramiento de Personal.

##### **C. Etapa de ejecución**

Movilización del Personal

Conteo y Clasificación Vehicular.

Supervisión

Desmovilización del Personal.

##### **D. Etapa de procesamiento automatizado**

Revisión y consistencia del trabajo de Campo.

Digitalización y Verificación.

Determinación de los factores de Corrección.

##### **Etapa de procesamiento automatizado**

##### **D.1 Revisión y consistencia del trabajo de campo**

Una vez terminada la labor diaria de llenado de datos y encuestas de origen y destino, se realizó por parte del jefe de brigada las revisiones de la información y la consistencia del trabajo de campo realizado durante el día. Para realizar dicho proceso el jefe de brigada contó con el apoyo del coordinador en todo momento.

## **D.2 Digitación y verificación**

Se procedió de manera inmediata a la digitación de la información, utilizando para esta labor el programa EXCEL 2007 contenido dentro del paquete de Microsoft Office. El jefe de brigada encargado con anterioridad de la verificación y consistencia de la información en campo, fue el responsable directo de esta digitación, esto en tal sentido de darle una mayor precisión a la entrada de datos en el programa.

Finalmente, el coordinador revisó la información, y con su venia se procedió a determinar los factores y el análisis correspondiente al estudio.

## **D.3 Determinación de los factores de corrección**

Como el flujo vehicular se realizó a través de una muestra en un periodo igual a una semana, para tener validez a nivel anual, se hace necesario estimar el comportamiento anualizado del tránsito. Para ello se determinan factores o coeficientes de corrección que permita expandir el volumen de esa muestra al universo anual.

La variación de los volúmenes de tránsito son generalmente rítmicas y repetitivas durante el año por lo que es necesario corregir la periodicidad del comportamiento registrado durante las horas, días de la semana y meses del año y las variaciones relevantes determinadas en épocas del año debido a festividades cívicas o religiosas, cosechas, época de lluvia o sequía, de verano, etc. Para determinar el factor de corrección estacional (FC) se ha utilizado los factores de corrección 2000 – 2010 para determinar el Índice Medio Diario Anual, elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, obtenida de la página web de la institución en mención. En las estaciones, objeto del presente estudio no existen series históricas de tráfico recientes por lo que los factores de corrección se han determinado con la información de la Estación de Peaje Moyobamba, Tramo Moyobamba Dv. Lamas, Ruta R-05N que es la más cercana a la vía en estudio y la única en la Región San Martín, y que se considera lo confiable para simular el comportamiento de la vía en toda su extensión. En el siguiente cuadro se presentan los volúmenes vehiculares en cada mes y el respectivo factor de ajuste.

**Tabla 35**

*Factores de corrección mensuales estación de peaje Moyobamba, tramo Moyobamba Dv. Lamas, ruta R-05N*

Mes	Factor de Corrección	
	Veh. Ligeros	Veh. Pesados
Enero	1.178276	1.100681
Febrero	1.138916	0.996518
Marzo	1.11324	1.015998
Abril	1.051469	1.076312
Mayo	1.033499	1.055468
Junio	0.926456	0.988711
Julio	0.937374	0.990681
Agosto	0.928181	0.944552
Septiembre	0.968301	0.961954
Octubre	0.971935	0.980645
Noviembre	0.94295	0.96417
Diciembre	0.938618	0.987785

**Fuente:** Información de Peaje-Provias Nacional-MTC 2000-2010

Bajo las premisas anteriores se ha podido analizar como factores de corrección los siguientes parámetros:

**Tabla 36**

*Factores de corrección promedio para vehículos ligeros (2000-2010)*

Carretera	Peaje	Ruta
Emp.PE-5N ((Puente Colombia) – Shapaja - Chazuta	Moyobamba	R-05N

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros

P042 Moyobamba 1.178276 1.138916 1.113240 1.051469 1.033499 0.956456 0.937374 0.928181 0.968301 0.971350 0.942950 0.938618

**Fuente:**Directiva general del sistema nacional de inversión pública,resolución directorial N°003-2011-EF/68.01, anexo SNIP 09 V1.1Unidades peaje PVN

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros

P042 Moyobamba 1.100681 0.996518 1.015998 1.076312 1.055468 0.988711 0.906810 0.944562 0.961954 0.980645 0.964170 0.987785

**Fuente:**Directiva general del sistema nacional de inversión pública,resolución directorial N°003-2011-EF/68.01, anexo SNIP 09 V1.1Unidades peaje PVN

Tipo de Vehículo	FCE
Ligeros	1.051459
Pesados	1.076312

### Volumen de tráfico diario

El volumen de tráfico promedio diario se ha obtenido de la suma del conteo de los vehículos en ambas direcciones (entrada y salida), lo cual nos ha permitido tener una idea más general del tipo y cantidad de vehículos que se observan diariamente. En la sección de anexos – formatos de campo se muestran todos y cada uno de los datos obtenidos por cada día de conteo.

### D.4 Índice medio diario semanal

El índice medio diario semanal ha sido obtenido de promediar el sumatorio total según el tipo de vehículo entre el número total de días en que se ha realizado el conteo, siendo en este caso un número de 6 días.

$$IMDs = \sum \frac{Vi}{7}$$

#### Dónde:

Volumen vehicular diario de cada uno de los 6 días de conteo

IMDs = Índice Medio Diario Semanal de la muestra vehicular.

A continuación se presenta el Cuadro donde se presentan el promedio de la estación Alto Puente Chazutayacu.

#### D.5.1 Estación Alto Puente Chazutayacu E-01

**Tabla 37**

*Puente Chazutayacu (E-1) Resultado del índice medio diario anual (IMDa)*

Tipo de vehículos	Domingo	Lunes	Martes	Total semanal	IMDs $\Sigma vi/3$	Fc	IMDs x FC
Automovil	102	110	112	324	108	1.05146937	114
Cmta. Pick Up	20	11	19	50	17	1.05146937	18
Camión 2E	7	7	4	18	6	1.07631224	6
<b>Total IMD</b>	<b>129</b>	<b>128</b>	<b>135</b>	<b>392</b>	<b>131</b>		<b>138</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

### Índice Medio Diario Anual

El índice medio diario anual se ha obtenido de la multiplicación del índice medio diario semanal x el factor de corrección obtenido del Ministerio de Transporte y Comunicaciones; en el caso de vehículos ligeros el factor es igual a 1.178276 y para vehículos pesados e igual a 1.100681.

$$\text{IMDa} = \text{FC} * \text{IMDs}$$

Dónde:FC = Factor de corrección estacional

IMDa = Índice Medio Diario Anual

A continuación, se presenta en los Índices medios diarios anuales para cada estación:

#### Porcentajes según clasificación vehicular “Puente Chazutayacu”

Tráfico vehicular IMD Corregido (Veh/dia)		
Tipo de Vehículos	IMDa	Distrib. %
Automóvil	114	82.6%
Cmta. Pick Up	18	13.1%
Camión 2E	6	4.3%
<b>TOTAL IMD</b>	<b>138</b>	<b>100.0%</b>

#### 4.4.4. Velocidad y tiempo de viaje

El termino Velocidad se define como la relación entre el Espacio recorrido y el Tiempo que se tarda en recorrerlo, expresado en Km./h.

Por tanto, el Estudio de Velocidades tiene por objetivo medir la Calidad de la Operación a través de un Sistema de Transportes, tal es así que los conductores miden su Viaje por su Habilidad y Libertad en conservar uniformemente la Velocidad deseada. Así mismo la Velocidad es importante como elemento básico para el Proyecto de un Sistema Vial.

#### A) Objetivos

Determinar las velocidades de operación de los vehículos en el tramo de la carretera.

Conocer las diferentes Velocidades que adopta cada Tipo de Vehículo en particular.

Establecer Parámetros para la Operación y el Control de Tránsito en el Área de Estudio.

## **Análisis del sistema de transporte del entorno**

### **Demanda del Transporte Público**

En la zona existe un sistema de transporte público algo restringido, es posible encontrar disponibilidad de vehículos de transporte de pasajeros tanto de auto, station wagon, camioneta rural.

### **Transporte no Motorizado (Peatones, Ciclista, Arreo de Ganados)**

El tránsito de otros medios de transporte registrados en la estación de control es bajo por la difícil accesibilidad a la zona y en temporada de lluvias los vehículos transitan con gran dificultad lo que origina que los pobladores saquen sus productos cargando o en bestias de carga.

### **Proyección del tráfico**

#### **Generalidades**

La proyección del tránsito de los vehículos se considera para un horizonte de planeamiento de 1 año para los procesos de aprobación, licitación y ejecución de obra y 10 años para el período de vida útil de la obra; por lo tanto, el número de años para la proyección del tráfico, a partir del presente año, es de  $n = 10$  años.

Teniendo en cuenta que no se disponen de series históricas para realizar la proyección del tráfico se ha determinado en función de variables explicativas de demanda. Para el caso del transporte de carga se ha utilizado la tasa de crecimiento del PBI departamental promedio del Departamento de San Martín de los últimos años; es decir, del 2000 al 2010, correspondiente a 3.5%, tasa que se utilizará para proyectar los vehículos pesados; mientras que para los vehículos ligeros se tiene una tasa de 2.0%.

<b>Tasas de Crecimiento</b>	
(TCP) - Vehículos ligero	2.0%
(PBI) - Vehículos pesados	3.5%

#### **Metodología**

Las proyecciones del tráfico se han realizado sobre la base de la composición vehicular, considerando la carretera ya rehabilitada, es decir, basado en los volúmenes normales actuales y los incrementos del tránsito que se espera utilicen la nueva carretera rehabilitada. La proyección del tráfico se determina a partir de la siguiente relación:

$$T_n = T_o * (1+r)^n$$

**Dónde:**

$T_n$	:	Tránsito proyectado al año n
$T_o$	:	Tránsito actual (año base)
$N$	:	Años del periodo de diseño
$R$	:	Tasa anual de crecimiento

**Tráfico normal**

Para la proyección de la demanda de tráfico normal se ha considerado las tasas de crecimiento antes descritas, diferenciadas por cada tipo de vehículo.

	Tasa de Crecimiento Anual de la
$r_{vp} = 2.00$	Población
	Tasa de Crecimiento Anual del PBI
$r_{vc} = 3.50$	Regional

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Tráfico Normal</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>45</b>	<b>46</b>
Automóvil	16	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19
Camioneta 4x4	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11
Camioneta Rural	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Camión 2E	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	10
Camión 3E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

**Tráfico generado y desviado****Tráfico generado**

Considerando que el proyecto mejora el nivel de transitabilidad de la carretera vecinal, se espera generar un incremento en el flujo vehicular en el área de influencia del proyecto, consistente básicamente en el incremento de vehículos de mayor capacidad de carga y al mismo tiempo es muy probable que se incrementen las unidades de Pick Up y Autos que podrían circular en la zona. Además considerando las distintas potencialidades y el



dinamismo socioeconómico de la zona, se estima la aparición de un tráfico generado igual al 10% respecto del tráfico normal.; debido básicamente a que una mejora en la vía posibilitará el incremento del transporte de mercancías agroindustriales y ganadera, haciendo más atractivo el ingreso de vehículos de mayor capacidad de transporte de pasajeros como los vehículos de transporte de carga de mayor tonelaje; puesto que los tiempos de viaje disminuirán, los costos de operación vehicular de manera similar y la seguridad de viaje mejorará considerablemente.

### Trafico Total

La proyección del tráfico con proyecto viene constituida por la sumatoria de la proyección del tráfico normal, más el tráfico generado.

Finalmente la demanda bajo las consideraciones antes descritas, quedaría conformado de la siguiente manera.

#### Proyección de tráfico - con proyecto

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>
<b>Tráfico Normal</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>45</b>	<b>46</b>
Automóvil	16	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19
Camioneta 4x4	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11
Camioneta Rural	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Camión 2E	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	10
Camión 3E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Tráfico Generado</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
Automóvil	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Camioneta 4x4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camioneta Rural	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>IMD TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>49</b>	<b>50</b>

### Determinación del índice medio diario anual (IMDA).

Del análisis realizado al tránsito que circula en la Carretera Vecinal a la localidad de Shilcayo, los Índices Medio Diario Anual proyectados son:

#### Estación N°01

<b>Tipo de IMDA</b>	<b>Tipo de vehículos</b>	<b>N° de Vehículos/Día</b>
<b>IMDA Actual</b>	Vehículos Ligeros	28
	Vehículos Pesados	10
	<b>TOTAL</b>	<b>38</b>
<b>IMDA Proyectado</b>	Vehículos Ligeros	37
	Vehículos Pesados	13
	<b>TOTAL</b>	<b>50</b>

## 4.5 Diseño de Pavimento

### 4.5.1. Diseño de pavimento a nivel de afirmado

#### 4.5.1.1 Antecedentes

El pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidos entre la superficie de la sub rasante (capa superior de las explanaciones) y la superficie de rodadura, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie uniforme, de forma y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, a la del intemperismo y de otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente al terreno de fundación, los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito fluido de los vehículos, con la comodidad, seguridad y economía previstos por el proyecto.

La estructuración de un pavimento, o disposición de las diversas partes que los constituyen, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen una gran variedad de posibilidades, de tal suerte que puede estar formado por una sola capa o de varias, y a su vez, dichas capas pueden ser de materiales naturales seleccionados, procesados o sometidos a algún tipo de tratamiento o estabilización.

La superficie de rodadura propiamente dicha puede ser una carpeta asfáltica, un tratamiento superficial o la superficie de una capa de material granular con resistencia al desgaste.

La actual tecnología de pavimentos contempla una gama muy diversa de secciones estructurales, las cuales están en función de los distintos factores que intervienen en la performance de una vía: tránsito, tipo de suelo, importancia de la vía, condiciones de drenaje, recursos disponibles, etc. Debe elegirse la solución más apropiada, de acuerdo a las facilidades y experiencias locales y a las condiciones específicas de cada caso, lo cual es una tarea que requiere de un balance técnico-económico de todas las alternativas.

Debido a su amplia difusión, a la experiencia acumulada y a las connotaciones económicas que implica su uso, los pavimentos flexibles de capas granulares comprenden casi la generalidad de vías que forman la red vial nacional. Para la estructuración de este tipo de pavimentos juegan papel importante, en la mayoría de métodos de diseño, dos parámetros: La capacidad de soporte del suelo de sub-rasante y el volumen de tráfico al que estará sujeto la vía.

#### **4.5.1.2. Objetivos**

Realizar el diseño de la estructura del pavimento para el **“Mejoramiento del camino vecinal Chazuta – Shilcayo, L= 11.00 Km., distrito Chazuta, provincia y región San Martín.”**

#### **4.5.1.3. Condiciones climáticas, precipitaciones y temperatura.**

Los factores considerados en este diseño y según el Manual de la sección de Suelos y Pavimentos, que influyen en el diseño y comportamiento del pavimento, son la temperatura y las precipitaciones de lluvia, para los cuales, se cuenta con la siguiente información:

El clima se clasifica, según SENAMHI, en clima cálido y húmedo, la temperatura Máxima promedio es de 33.4°C y la Mínima Promedio es de 21.2 °C., la información meteorológica se obtuvo de la Estación El Porvenir, ubicado en la Localidad y Distrito de Juan Guerra.

**Tabla 38***Temperaturas máximas y mínimas mensuales.***Estación: Map "El Porvenir"**

Latitud : 06°35'

Departamento: San Martín

Longitud : 76°19'

Provincia : San Martín

Altura : 230 m.s.n.m.

Distrito : Juan Guerra

**Temperatura máxima promedio mensual en C°**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
2013	33.1	32.8	33.2	34.1	33.0	32.3	32.4	33.1	34.6	34.9	33.3	33.8	33.4

**Temperatura mínima promedio mensual en C°**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
2013	21.8	21.5	22.0	21.0	21.5	20.7	19.4	19.6	20.6	21.8	22.0	22.1	21.2

**Fuente:** SENAMI

La información meteorológica de la precipitación máxima en 24 horas, se obtuvo de la Estación Chazuta, en la cual presenta precipitaciones frecuentes en los meses de octubre hasta abril, la anual de la zona es de 1,600 mm.

**Tabla 39***Precipitación máxima en 24 horas mensual.***Estación: CO "Chazuta"**

Latitud : 06°35'

Departamento: San Martín

Longitud : 76°11'

Provincia : San Martín

Altura : 200 m.s.n.m.

Distrito : Chazuta

**Temperatura máxima promedio mensual en C°**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
2004	22.2	44.8	22.3	30.0	54.1	22.0	16.2	28.8	29.5	75.0	85.8	45.0	85.8
2005	36.0	56.0	35.8	57.2	60.0	32.0	31.3	11.0	39.0	43.3	54.7	41.0	60.0
2006	42.0	33.0	65.6	36.0	39.4	37.4	40.8	19.0	55.2	30.4	60.0	69.0	69.0
2007	41.0	14.0	67.0	26.0	49.1	1.2	24.5	19.5	49.5	45.8	46.0	21.2	67.0
2008	77.0	36.0	34.5	31.0	30.0	31.7	14.5	22.0	25.0	36.0	31.0	13.6	77.0
2009	52.0	34.0	64.5	36.4	31.0	27.6	18.0	11.6	39.3	15.5	38.0	40.5	64.5
2010	25.6	41.0	67.0	57.0	27.5	19.5	12.4	30.0	11.0	63.0	59.0	25.5	67.0
2011	30.0	33.5	70.0	61.0	14.9	51.0	43.4	29.5	27.0	51.6	58.0	30.5	70.0
2012	36.6	54.0	27.0	43.0	27.0	29.0	13.5	9.0	52.5	106.5	41.5	46.5	106.5
2013	54.9	42.6	32.0	20.5	44.5	14.7	8.5	35.0	15.5	53.0	63.0	19.0	63.0

**Fuente:** SENAMI

#### **4.5.1.4.Diseño del pavimento**

Un pavimento se diseña básicamente en función a las características evaluadas del valor soporte de la sub rasante y los volúmenes de tráfico previstos que determinan el espesor del pavimento.

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:

Para el caso del método propuesto por la USACE, el diseño estructural considera, igualmente, los valores establecidos para el tránsito y la capacidad de soporte de la sub rasante, en base a estos parámetros se comprobó el espesor de la capa de afirmado.

El método de diseño de pavimentos de la USACE (afirmado), establece la verificación de la calidad que deberá tener el material a utilizar en la construcción de la estructura, ya que de dicho factor dependerá su comportamiento respecto de las deformaciones permanentes (ahuellamientos) a través del período de diseño considerado. El cuadro siguiente presenta los valores de CBR requeridos en función del tránsito, del CBR de la sub rasante y del espesor total del pavimento.

##### **4.5.1.4.1. Consideraciones Constructivas**

Las carreteras no pavimentadas con revestimiento granular en sus capas superiores y superficie de rodadura corresponden en general a carreteras de bajo volumen de tránsito y un número de repeticiones de Ejes Equivalentes de hasta 300,000 EE en un periodo de diez años.

En general, los materiales granulares que conformarán las capas del pavimento afirmado deberán tener las siguientes características:

El tamaño máximo del agregado debe ser 2" con el objeto de facilitar el mantenimiento.

El porcentaje pasante del tamiz N° 200 debe estar entre 8% y 25%, según sea el tamaño del agregado, con la finalidad de reducir la permeabilidad de la capa.

Los finos en una capa granular de rodadura sin revestimiento deben poseer un Índice de Plasticidad entre 4% y 9%, así como un Límite Líquido entre 20% y 30%. Los finos plásticos sirven como material cementante y ligante de la matriz granular, aumentando la durabilidad de la capa y reduciendo la pérdida del material granular.

La capa del pavimento afirmado estará constituida por gravas naturales sin triturar,

mezcladas con la cantidad necesaria de finos locales para satisfacer la granulometría y plasticidad requeridas.

Estas mezclas deberán experimentar valores de CBR mayores de 60%, para ensayos de laboratorio en muestras moldeadas al 100% de la máxima densidad Proctor (AASHTO T-180), y dentro de un rango de contenido de humedad de 3%. Asimismo, las pérdidas observadas en los ensayos de abrasión no deberán ser mayores al 50%.

En cuanto a las consideraciones constructivas de compactación, la capa del pavimento deberá tener una densidad mayor al 100% de la densidad máxima obtenida según el ensayo proctor modificado (AASHTO T-180 D).

El efecto de compactación de los rodillos se reduce considerablemente a medida que se profundiza en la capa que se compacta, considerando que la compactación se produce de arriba hacia abajo.

Las características principales de los rodillos lisos son su disposición, diámetro (con el que aumenta mucho su eficiencia), ancho y peso total. El espesor suelto de la capa de material que es posible compactar con rodillo liso varía de 10 a 20 cm.

Por lo que en consideración al tipo de suelo es conveniente el uso de dos tipos de rodillos: rodillo pata de cabra, para la compactación de sub rasante y de rodillo liso para la conformación del afirmado.

Teniendo en consideración el uso mayoritario de rodillos compactadores lisos y el análisis de compactación expuesto, se recomienda que la compactación se realice en dos etapas:

Aunque el concepto de diseño de pavimentos no está contemplado en los alcances del servicio de los Términos de Referencia, el Consultor realizó las evaluaciones básicas necesarias para la propuesta de diseño de una superficie de rodadura, que para este caso es un material de sub-base y que en adelante se denominará material de afirmado.

Los factores que influyen en el diseño implican el conocimiento de:

**Tránsito futuro:** Tipo de vehículos, cargas y repeticiones de cada uno, así como la estimación del crecimiento probable.

**Los suelos** que constituyen la sub-rasante o terreno de fundación.

**Los materiales disponibles** para la construcción de las capas que constituyen la estructura del pavimento.

**Las condiciones ambientales** específicas de la zona.

#### 4.5.1.4.2. Trafico proyectado.

Para la elaboración del trafico proyectado se tomó datos del estudio de trafico realizado mediante la encuesta vehicular, el conteo de tráfico se realizó en la **Estación E-1 “Puente Chazutayacu”**, este ubicado en la entrada a la localidad de Chazuta, en la vía ruta AM-109; con las siguientes coordenadas: 373966E; 9273336S.

Según como se evaluó en el IMD semanal, la mayor parte del parque automotor son vehículos livianos, clasificándose estos como Automóvil, Camioneta y la poca recurrencia de Camiones, del mismo estudio se tomaron solo el IMD semanal la cual fue transformada por estacionalidad al mes de enero según el cuadro N° 31.

**Tabla 41**

*Factores de corrección mensuales - Estación de Peaje Moyobamba.*

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
P042	Moyobamba	1.178276	1.138916	1.113240	1.051469	1.033499	0.956456	0.937374	0.928181	0.968301	0.971350	0.942950	0.938618

Fuente: Directiva general del sistema nacional de inversión pública, resolución directorial N°003-2011-EF/68.01, anexo SNIP 09 VI.1 Unidades peaje PVN

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
P042	Moyobamba	1.100681	0.996518	1.015998	1.076312	1.055468	0.988711	0.906810	0.944562	0.961954	0.980645	0.964170	0.987785

Fuente: Directiva general del sistema nacional de inversión pública, resolución directorial N°003-2011-EF/68.01, anexo SNIP 09 VI.1 Unidades peaje PVN

Como resultado de la evaluación se obtuvo un IMD = 131 Veh/día, el cual se muestra en la Tabla 42, con la aclaración, que el conteo se realizó a la entrada de la localidad de Chazuta y según la encuesta realizados a los transportistas, se obtuvo que el 50 % de estos realizarían viajes hasta la localidad de Curiyacu, si la carretera estuviera en buenas condiciones de transitabilidad.

**Tabla 42***Puente Chazutayacu (E-1) resultado del índice medio diario anual (IMDa)*

<b>Tipo de vehículos</b>	<b>Domingo</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Total semanal</b>	<b>IMDs <math>\Sigma vi/3</math></b>	<b>Fc</b>	<b>IMDs x FC</b>
Automovil	102	110	112	324	108	1.05146937	114
Cmta. Pick Up	20	11	19	50	17	1.05146937	18
Camión 2E	7	7	4	18	6	1.07631224	6
<b>Total IMD</b>	<b>129</b>	<b>128</b>	<b>135</b>	<b>392</b>	<b>131</b>		<b>138</b>

**Tabla 43***IMD Anual, E-01 “Estación Chazutayacu”*

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Automóvil</b>	<b>Camioneta</b>	<b>Bus Med.</b>	<b>Bus Gran.</b>	<b>Camión 2E</b>	<b>Camión 3E</b>	<b>Total</b>
<b>Total</b>	108	17	0	0	18	1	<b>131</b>
<b>FC</b>	1.051469	1.051469	1.076312	1.076312	1.076312	1.076312	
<b>Fr</b>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
<b>IMDa</b>	<b>57</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>69</b>
<b>Distribución</b>	82.61%	13.04%	0.00%	0.00%	4.35%	0.00%	100.00%

FC: Factor de Corrección por Estacionalidad

Fr: Factor de corrección 50%, según encuesta a transportistas a realizar viajes hasta la localidad de Curiyacu.

**4.5.1.4.3. Determinación y cálculo de ejes equivalentes de diseño (Nrep.)**

Para el diseño de pavimento la demanda que corresponde al del tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia.

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg<sup>2</sup>. Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

Para el cálculo de los EE, se utilizarán las siguientes relaciones simplificadas, que resultaron de correlacionar los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93, para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados (buses y camiones) y tipo de pavimento:



**Tabla 44**

*Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos*

Tipo de eje	Eje equivalente (EE8.2tn)
Eje simple de ruedas simple (EE <sub>S1</sub> )	$EE_{S1}=[P/6.6]^{4.0}$
Eje simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	$EE_{S2}=[P/8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	$EE_{TA1}=[P/14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 eje ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	$EE_{TA2}=[P/15.1]^{4.0}$
Eje Tandem (2 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1}=[P/20.7]^{3.9}$
Eje Tandem (3 eje ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2}=[P/21.8]^{3.9}$
P= Peso real por eje en toneladas	

**Fuente:** Elaboración propia en base a correlaciones con los valores de las tablas del apéndice D de la guía AASHTO 93

Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el periodo de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico y datos antes mencionados, las cuales se resumen en cuadro N° 34

#### 4.5.1.4.4. Determinación del CBR de Diseño.

Primero determinaremos el CBR de Diseño de acuerdo a la Tabla de este y la gráfica del percentil, con la acotación, que los CBRs, que estaban por debajo de 6% se sustituyó por un CBR = 10%, esto de acuerdo al remplazo del material a emplear en el mejoramiento de la Subrasante.

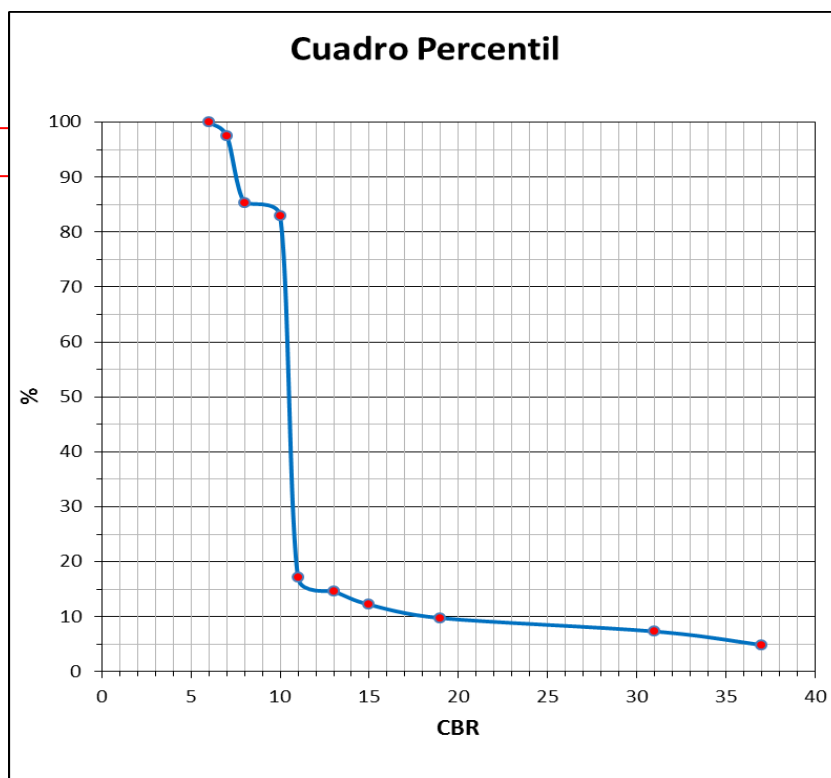
**Tabla 45**

*Tabla de CBRs de la carretera departamental, SM-106, Tramo: Chazuta – Shilcayo.*

No	CBR Ordenado de Mayor a Menor	MYSR	Frecuencia	Valores >= que	%
1	47	39926.090	1	1	2.44
2	37	32576.898	1	2	4.88
3	31	28026.545	1	3	7.32
4	19	18483.337	1	4	9.76
5	15	15117.586	1	5	12.20
6	13	13385.531	1	6	14.63
7	11	11612.958	1	7	17.07
8	10	10708.903	27	34	82.93
9	8	8858.058	1	35	85.37
10	7	7907.253	5	40	97.56
11	6	6935.825	1	41	100.00
			41		

**Fuente:** Elaboración propia.

Al 75% Percentil el CBR requerido, es de: **10.2**



**Figura 6:** Cuadro percentil al 75% (Fuente: Elaboración Propia, 75% por  $10^4 \leq EE \leq 10^6$ )

#### 4.5.1.4.5. Metodología del Diseño.

La metodología a desarrollarse permitirá diseñar de manera técnica y rápida el espesor de una capa de afirmado, teniendo en cuenta la resistencia de la subrasante y el tránsito estimado para un periodo de diseño.

En el funcionamiento estructural de las capas de revestimiento granular influye el tipo de suelo de la subrasante, el número total de los vehículos pesados durante el periodo de diseño, expresados en ejes equivalentes (EE); y, los materiales granulares cuyas propiedades mecánicas y comportamiento son conocidos y están considerados en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras vigente; también forman parte las estabilizaciones y mejoramientos de suelos de la subrasante o el tratamiento de las capas de revestimiento granular.

#### 4.5.1.4.6. Secciones de Capas de Afirmado

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10})^2] * \log_{10} \left( \frac{N_{rep}}{120} \right)$$

**Dónde:**

$e = ?$ , Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = 10.2, Valor del CBR de diseño de la subrasante.

$N_{rep} = 469,005.19$  Número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Remplazando se tiene:

$e = 234.15 \text{ mm.} = 23.42 \text{ cm.} \Rightarrow$  Redondeando

**$e = 25.00 \text{ cm.}$**

#### **4.5.1.4.7. Comprobación por método de la USACE**

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. ha acumulado una gran experiencia en el diseño y comportamiento de caminos de bajo volumen de tránsito. La experiencia de la USACE incluye caminos de tierra, de grava y aquellos que poseen tratamientos bituminosos como superficie de rodadura, alternativa a tenerse en cuenta en el presente estudio debido a un factor igualmente fundamental, sobre todo por su incidencia en el aspecto económico y el nivel de importancia de la vía.

Por tratarse de una carretera con características de un camino de mediano volumen de tránsito, el diseño de la estructura tendrá en consideración criterios más que todo de serviciabilidad mínima.

El método que será empleado para el diseño del espesor del pavimento es el establecido por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército Norteamericano (U.S. Army Corps of Engineers).

En este método se contempla la utilización de una capa de material granular de cierta plasticidad que a la vez cumple la función de capa de rodadura, permitiendo obtener un nivel de servicio adecuado, considerándose períodos de diseño entre 5 a 10 años, La capa granular puede estar constituida por materiales que pueden tener calidad de sub-base o base dependiendo de su capacidad de soporte CBR.

La **Figura 7** muestra las curvas de diseño elaborados por la USACE donde se considera que los factores tomados en cuenta para determinar el espesor de la capa de rodadura son:

El valor soporte de California o CBR, de la subrasante.

La intensidad del tránsito, en número de ejes simples equivalentes al eje estándar de 18,000 libras de carga, en el período de diseño (N18).

Un factor adicional considerado en el método propuesto es el concerniente a la calidad de los materiales a emplearse. Para ello se verifica el CBR que debe tener la capa del pavimento en función del tráfico, CBR de la sub rasante y espesor requerido

Para los datos base del diseño:

CBR de Diseño = 10.2 % (Tabla 17).

Nrep. = 469,005.19 ejes equivalentes (Tabla 8A)

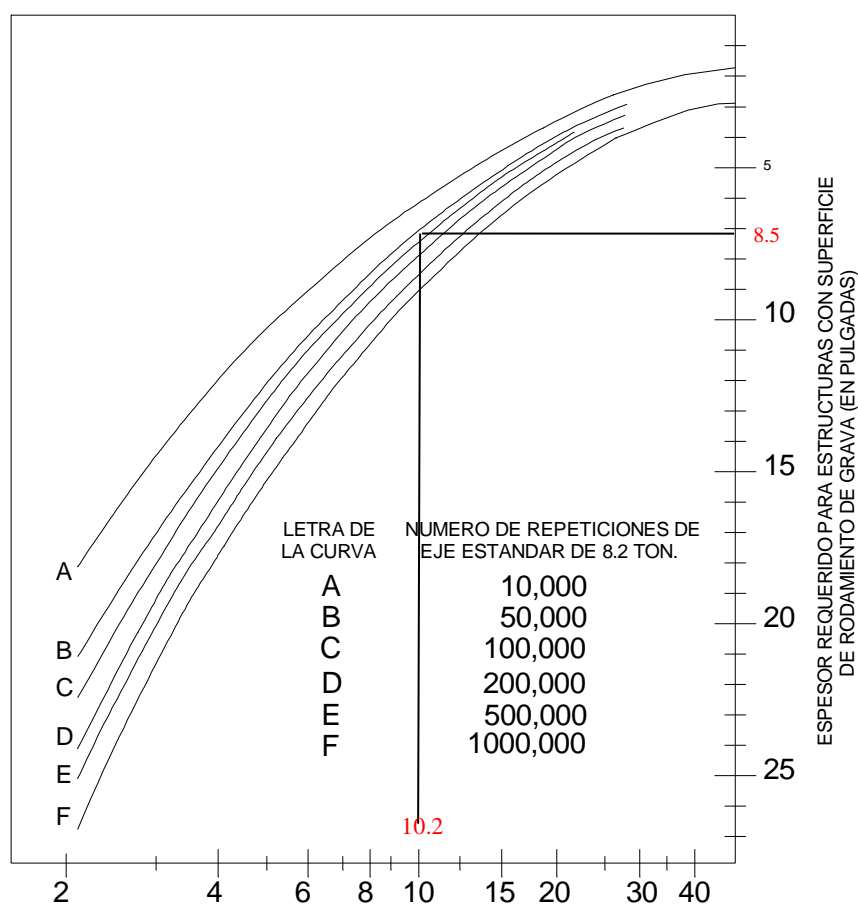


Gráfico N° 1

**Figura 7:** Curvas de diseño elaborados por el cuerpo de ingenieros del ejército norteamericano (U.S. Army Corps Of Engineers)

Para el tramo un espesor del pavimento a nivel de afirmado de:

$$e = 8.5'' (21.59 \text{ cm.}) = \mathbf{25.00 \text{ cm.}}$$

#### 4.5.2. Características geométricas del tramo a mejorar

Características geométricas	
Longitud	11.000 Km
Clasificación por su IMDA	Carretera de Tercera Clase
Clasificación por su Función	Carretera Departamental
Clasificación por el Tipo de Relieve	Muy accidentado
Clasificación por el Tipo de Clima	Carretera en Zona Muy Lluviosa (selva)
Clasificación por el Tipo de Obra por Ejecutarse.	Mejoramiento de 11.000 Km
Velocidad Directriz	25 – 30 Km/h
Radio Mínimo	20 m (Se emplean radios excepcionales; excepcional mínimo de 15mt)
Ancho de Calzada	4.50 m
Cunetas Triangulares	1.00 X 0.50 m
Ancho de plataforma	Ancho Subrasante 5.50 m.
Pendiente Longitudinal Máxima	Máxima 10 %
Bombeo	3.0%.
Espesor de Pavimento	e = 0.25 m

#### 4.6 Obras de Arte

**Drenaje.-** La vía construida carece de drenaje longitudinal en todo el tramo, es necesario el diseño de todo el drenaje longitudinal teniendo en cuenta las pendientes de la rasante propuesta por el proyectista y la ubicación y dimensiones del sistema de drenaje transversal que existe pero que está en mal estado de conservación.

**Obras de Arte.-** Existe un (01) puente de madera en buen estado que se ubica fuera del trazo, que se descarta para el funcionamiento de la vía, por lo que se recomienda la proyección de un puente en su reemplazo; existe un pontón en buen estado que habrá que hacer algunas rehabilitaciones; se proyecta en el tramo Chazuta - Shilcayo la construcción de 03 puentes sin contar el reemplazo del de madera; de las 35 alcantarillas, existen 22 unidades que los tubos se encuentran en buen estado pero es necesario cambiar los cabezales o cajas colectoras respectivamente, 13 unidades en mal estado que requieren reemplazarlos completamente; existe 01 badén en mal estado al cual se recomienda reemplazarlo por una alcantarilla.

La cantidad actual de obras de arte resultado del inventario, es como se detalla a continuación:

<b>Obras de arte</b>	<b>Cantidad</b>
Puentes (Proy.)	03 Unidades
Pontones (Exist.)	01 Unidad
Alc. (Ext. / Proy.)	35/13 Unidades
Badenes (Exist.)	1 Unidad
Señalización (Exist)	3 Señales Vert.

Se recomienda programar en cortos espacios de tiempo el mantenimiento, sobre todo en las épocas de invierno, de la vía en general, debido a que el estado de la vía depende de la conservación y cuidado de las mismas.

Es recomendable utilizar los resultados obtenidos de este informe de inventario vial, en relación al conocimiento de la cantidad, estado y ubicación de las obras de arte existentes, y de todas las estructuras que componen la vía, conforme a las necesidades y horizonte del proyecto con el cual fue concebido.

### EVALUACIÓN FÍSICA Y ESTADO DE LAS OBRAS DE ARTE EXISTENTES PUENTES Y PONTONES

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL CHAZUTA - SHILCAYO, L= 11.00 Km. DISTRITO CHAZUTA, PROVINCIA Y REGION SAN MARTIN

TRAMO : TRAMO: CHAZUTA - SHILCAYO

FECHA : MAYO DE 2018

RESPONSABLE: BACH. LUIS OCTAVIO CAMPOS CASTILLO

Estado	Superficie de Rodadura	Junta de Dilatación	Estructural		Hidráulica	Erosión	
			Falla	Lugar		Cauce	Lugar
1	Colapsado	Colapsado	Colapsado	Estribo	100% Colmatado	Muy Severo	MD-AARR
2	Malo	Malo	Rotura	Pilar	75% Colmatado	Severo	MI-AARR
3	Regular	Regular	Deformación	Losa	50% Colmatado	Moderado	MD-AAAB
4	Bueno	Bueno	Armadura Descubierta	Viga	25% Colmatado	Liviano	MI-AAAB
5			Fisura	Ala	0% Colmatado	No Existe	
6			No Existe	Cimiento			

Leyenda			
MD-AARR	: Margen Derecha - Aguas Arriba	CC	: Concreto Ciclopeo
MI-AARR	: Margen Izquierda - Aguas Arriba	CA	: Concreto Armado
MD-AAAB	: Margen Derecha - Aguas Abajo	MET	: Metalico
MI-AAAB	: Margen Izquierda - Aguas Abajo	C-30	: S/C FRANCESA
H	: Altura Lecho Rio-Parte Inferior Vigas	PTO	
h	: Altura Libre Sobre Tablero		

N°	NOMBRE	Progresiv a Central	G E O M E T R I A										INFRAESTRUCTURA			SUPERESTRUCTURA			E S T A D O					EROSION		Observaciones
			Tipo	Estructura	Luz ml	Calzada ml	Vereda o Sardinel	H ml	h ml	Esviaje grados	N° de Tramos	Cimiento	Estribo	Pilar	Viga	Losa	Baranda	Superf. Rodad.	Junta de Dilatación	Estructural Falla	Hidraulica Lugar	Cauce	Tipo	Falla		
1	Pontón	0+820	losa	CA	6.70	4.00	0.25	3.5		15°	1	SI	SI	NO	NO	SI	NO	2	1	6	-	0.30%	2	MD-AAAB MI-AAAB	CALZAR ESTRIBOS, ENCAUZAMIENTO AAAR, PROTECCION DE ESTRIBO MI-AAAR	
2	Puente Tununtunum ba	4+240	Sección Compuesta	CA	40.00					90°	1	Si	Si	No	Si	Si	Si					0.32%			Obra Proyectada	
3	Puente Cumbasino	5+960	Sección Compuesta	CA	40.00					90°	1	Si	Si	No	Si	Si	Si					0.23%			Obra Proyectada	
4	Puente	8+190	Reticulado	Madera	18.00	1.88				90°	6	SI	NO	SI	SI	MAD	SI			6					PUENTE EN ESTRUCTURA DE MADERA EN BUEN ESTADO DE FUNCIONAMIENTO UBICADA FUERA DEL TRAZO, EN EL TRAZO PROYECTAR OBRA DE ARTE EN FUNCION AL ESTUDIO HIDROLOGICO Y DE MECANICA DE SUELOS	
5	Puente Liucanayacu	8+960	Sección Compuesta	CA	40.00					90°	1	Si	Si	No	Si	Si	Si					0.92%			Obra Proyectada	

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.7 Sistema de Señalización**

**Señalización.** - En la vía existen 03 señales verticales informativas, deterioradas y que no cumplen con las especificaciones técnicas exigidas para este tipo de señales, es necesario su reemplazo.

Se está considerando como necesario la colocación de:

26 Señales Informativas.

74 Señales Preventivas.

33 Señales Reglamentarias y

12 Hitos Kilométricos



UBICACIÓN Y METRADO DE SEÑALES DE TRANSITO: “MEJORAMIENTO DE CAMINO VECINAL TRAMO: CHAZUTA – SHILCAYO, L= 11.00 Km., DISTRITO CHAZUTA, PROVINCIA Y REGION SAN MARTIN”																
					SEÑALES INFORMATIVAS PARA UBICACIÓN DE LUGARES								PREVENT.	REGLAM.	INFORM.	HITO
00+000.00	I-8		DERECHA	K - 000												1
00+040.00	I - 7		DERECHA	TUNUNTUNUMBA/LLUCANAYACU/ SHILCAYO	3.80	1.58	5.99	1	7.15	7.60	14.75	2				
00+080.00	R-16		DERECHA											1		
00+100.00	P- 1A		DERECHA										1			
00+240.00	P-1B	IZQUIERDA											1			
00+260.00	R-16	IZQUIERDA												1		
00+460.00	R-16		DERECHA											1		
00+510.00	R-30		DERECHA											1		
00+540.00	P-5-2A		DERECHA										1			
00+680.00	P-5-2B	IZQUIERDA											1			
00+760.00	P-5-2B		DERECHA										1			
00+960.00	P-5-2A	IZQUIERDA											1			
00+980.00	R-16	IZQUIERDA												1		
01+000.00	I-8	IZQUIERDA		K - 001												1
01+020.00	R-30	IZQUIERDA													1	
01+160.00	R-30		DERECHA												1	
01+200.00	R-16		DERECHA												1	
01+220.00	P-1A		DERECHA										1			
01+340.00	P-2B		DERECHA										1			
01+340.00	P-1B	IZQUIERDA											1			
01+360.00	R-16	IZQUIERDA														
01+560.00	P-S-1A		DERECHA										1			
01+580.00	R-16		DERECHA											1		
01+580.00	P-2A	IZQUIERDA											1			
01+640.00	P-35		DERECHA										1			
01+640.00	P-2A		DERECHA										1			
01+720.00	P-S-1A	IZQUIERDA											1			
01+740.00	P-35		DERECHA										1			
01+860.00	P-1A	IZQUIERDA											1			
01+880.00	R-16	IZQUIERDA												1		
01+920.00	R- 30	IZQUIERDA												1		
02+000.00	I-8		DERECHA	K - 002												1
02+300.00	I - 7		DERECHA	CUIDE LA FAUNA	2.21	0.48	1.06	1	4.96	4.42	9.38	2				
02+420.00	I - 7	IZQUIERDA		CUIDE LA FAUNA	2.21	0.48	1.06	1	4.96	4.42	9.38	2				
02+880.00	P-2B		DERECHA										1			
03+000.00	I-8	IZQUIERDA		K - 003												1
03+020.00	P-2A		DERECHA										1			
03+620.00	P-2B	IZQUIERDA											1			
03+860.00	R-16		DERECHA											1		
03+880.00	P-2B		DERECHA										1			

Fuente: Elaboración propia.

UBICACIÓN Y METRADO DE SEÑALES DE TRANSITO: “MEJORAMIENTO DE CAMINO VECINAL TRAMO: CHAZUTA – SHILCAYO, L= 11.00 Km., DISTRITO CHAZUTA, PROVINCIA Y REGION SAN MARTIN”																
					SEÑALES INFORMATIVAS PARA UBICACIÓN DE LUGARES								PREVENT.	REGLAM.	INFORM.	HITO
04+000.00	I-8		DERECHA	K - 004												1
04+080.00	P-2A	IZQUIERDA											1			
04+100.00	P-2A		DERECHA										1			
04+220.00	I - 7		DERECHA	PUENTE TUNUNTUNUMBA	2.10	1.50	3.15	1	7.00	4.20	11.20	2				
04+245.00	P-2B	IZQUIERDA											1			
04+300.00	R-16	IZQUIERDA												1		
04+320.00	R-16		DERECHA											1		
04+360.00	P-S-1B		DERECHA										1			
04+380.00	I - 7	IZQUIERDA		PUENTE TUNUNTUNUMBA	2.10	1.50	3.15	1	7.00	4.20	11.20	2	1			
04+400.00	R-16		DERECHA											1		
04+560.00	R-16	IZQUIERDA												1		
04+600.00	P-S-1-B	IZQUIERDA											1			
04+620.00	R-16	IZQUIERDA												1		
05+000.00	I-8	IZQUIERDA		K - 005												1
05+320.00	I - 7	IZQUIERDA		CONSERVEMOS EL MEDIO AMB.	2.35	0.83	1.95	1	5.66	4.70	10.36	2				
05+500.00	P-4A		DERECHA										1			
05+700.00	P-4B	IZQUIERDA											1			
05+820.00	P-2A		DERECHA										1			
05+940.00	I - 7		DERECHA	PUENTE CUMBASINO	2.10	1.50	3.15	1	7.00	4.20	11.20	2				
05+980.00	P-2B	IZQUIERDA											1			
06+000.00	I-8		DERECHA	K - 006												1
06+000.00	P-2A		DERECHA										1			
06+100.00	I - 7	IZQUIERDA		PUENTE CUMBASINO	2.10	1.50	3.15	1	7.00	4.20	11.20	2	1			
06+120.00	P-2B	IZQUIERDA											1			
06+180.00	P-2B		DERECHA										1			
06+300.00	P-2A	IZQUIERDA											1			
06+480.00	P-2A		DERECHA										1			
06+650.00	P-2B	IZQUIERDA											1			
06+700.00	P-2B		DERECHA										1			
06+840.00	P-2A	IZQUIERDA											1			
07+000.00	I-8	IZQUIERDA		K - 007												1
07+220.00	P-2A		DERECHA										1			
07+400.00	P-2B	IZQUIERDA											1			
07+420.00	P-2B		DERECHA										1			
07+840.00	P-2A	IZQUIERDA											1			
07+940.00	P-2B		DERECHA										1			
07+960.00	I - 5		DERECHA	LLUCANAYACU	2.00	0.55	1.10	1	5.10	4.00	9.10	2				
08+000.00	I-8		DERECHA	K - 008												1



UBICACIÓN Y METRADO DE SEÑALES DE TRANSITO: “MEJORAMIENTO DE CAMINO VECINAL TRAMO: CHAZUTA – SHILCAYO, L= 11.00 Km., DISTRITO CHAZUTA, PROVINCIA Y REGION SAN MARTIN”																
					SEÑALES INFORMATIVAS PARA UBICACIÓN DE LUGARES							PREVENT.	REGLAM.	INFORM.	HITO	
10+300.00	P-2B	IZQUIERDA											1			
10+320.00	P-2A		DERECHA										1			
10+380.00	R-16		DERECHA											1		
10+400.00	P-2A		DERECHA										1			
10+510.00	P-5-2A		DERECHA										1			
10+540.00	P-2B	IZQUIERDA											1			
10+620.00	P-S-1-B		DERECHA										1			
10+660.00	P-5-2B	IZQUIERDA											1			
10+730.00	P-S-1-B		DERECHA										1			
10+750.00	P-S-1-B	IZQUIERDA											1			
10+920.00	I - 5		DERECHA	SHILCAYO	2.00	0.55	1.10	1	5.10	4.00	9.10	2				
10+980.00	P-S-1-B	IZQUIERDA											1			
11+000.00	I-8	IZQUIERDA		K - 011												1
11+000.00	R-30		DERECHA											1		
11+000.00	R-16	IZQUIERDA												1		
TOTAL							32.26	13.00			138.37	26.00	74.00	33.00	0.00	12.00

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1. Estudio topográfico**

Para el levantamiento topográfico se empleó 02 Estaciones Totales marca TOPCON, con precisión al segundo en ángulo y de 1mm en distancia, 03 prismas, 04 equipos de radiocomunicación, 01 GPS navegador GARMIN, 01 eclímetro, 02 winchas una de 40m y otra de 50m, además de otros accesorios.

La medición electrónica de distancias se ha ejecutado con el distanciómetro incorporado de la Estación Total

La progresiva inicial del Trazo se inicia en el Km. 00+000 y concluye en el Km. 11+000, obteniendo una longitud de 11.00 Km.

Los BMs y los Pis se encuentran monumentados en hitos de concreto y referenciados para su fácil identificación, sus características propias se indican en los planos de planta y perfil. Se ha proyectado convenientemente la ubicación de las señales Preventivas, Informativas y Reglamentarias; así como los Hitos Kilométricos.

#### **5.2. Estudio de impacto ambiental**

El diagrama de causa efecto, método utilizado para la identificación de impactos ambientales, nos permitió tener un panorama global del proyecto y sus impactos, además de identificar cuáles de estos impactos se producirán de manera directa y cuáles de manera indirecta.

La actividad más impactante del proyecto, desde el punto de vista de los impactos negativos que genera, son las Obras Provisionales (movilización y desmovilización de equipos, Campamento Provisional de obra), obras Preliminares y Movimiento de tierra. Las actividades más impactantes, desde el punto de vista de los impactos positivos que generan, es un plan de manejo ambiental que considera monitoreo ambiental, manejo de residuos sólidos, seguridad y salud ocupacional, y restauración de los depósitos, almacenes, canteras y taludes que se llevará a cabo en la etapa de cierre del proyecto.

Uno de los factores ambientales más impactados será la calidad del aire ya que durante la construcción de los componentes del proyecto se producirán niveles de ruido superiores a lo recomendado, así como contaminación por material particulado y en menor medida por gases. Cabe mencionar que estos impactos son de carácter temporal y fácil de prevenir y

mitigar con medidas adecuadas. También se generarán residuos sólidos durante el proyecto, lo cual producirá un impacto negativo indirecto sobre la calidad del paisaje, el Plan de Manejo Ambiental deberá contemplar la adecuada disposición de los residuos, sobre todo los peligrosos.

Muchos factores ambientales, en especial los factores sociales, se verán impactados positivamente por el proyecto. Entre ellos podemos mencionar la el mejoramiento de la transitabilidad que se traduce en el adecuado traslado de los productos agrícolas hacia los mercados locales y por ende una mejor calidad de socioeconómica. Adicionalmente, durante el proyecto se generarán puestos de trabajo para la población local, especialmente durante la etapa de construcción.

Uno de los factores ambientales más impactados será la calidad del aire ya que durante la construcción de los componentes del proyecto se producirán niveles de ruido superiores a lo recomendado, así como contaminación por material particulado y en menor medida por gases. Cabe mencionar que estos impactos son de carácter temporal y fácil de prevenir y mitigar con medidas adecuadas. También se generarán residuos sólidos durante el proyecto, lo cual producirá un impacto negativo indirecto sobre la calidad del paisaje, el Plan de Manejo Ambiental deberá contemplar la adecuada disposición de los residuos, sobre todo los peligrosos.

La identificación del impacto del proyecto sobre el medio ha dado como resultado un Impacto Negativo Leve (IB), lo que indica que el proyecto no tendrá un efecto negativo fuerte sobre el medio circundante; y lo que ocasiona que el proyecto sea viable.

### **5.3. Estudio de suelos**

A lo largo de la Carretera se realizó el estudio de 23 calicatas distribuidas del Km. 0+000 al Km. 11+000, a lo largo de la vía hasta una profundidad mayor o igual a 1.50m por debajo de la superficie de rodadura.

Paralelamente al muestreo se realizaron los registros de exploraciones, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, plasticidad, consistencia y/o compacidad, etc.

En cada ubicación se registró el perfil estratigráfico del suelo de fundación, clasificando visualmente los materiales mediante el procedimiento de campo establecido por el sistema Unificado de Clasificación de suelos (S.U.C.S.).

De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas, fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar ensayos de sus características físicas y mecánicas.

Los suelos más predominantes de la sub rasante a lo largo del tramo, según la clasificación pertenece a suelos arcillosos de mediana plasticidad y en parte de menor porcentaje suelos arenosos.

#### **5.4. Estudio de tráfico**

El volumen de tráfico promedio diario se ha obtenido de la suma del conteo de los vehículos en ambas direcciones (entrada y salida), lo cual nos ha permitido tener una idea más general del tipo y cantidad de vehículos que se observan diariamente. En la zona existe un sistema de transporte público algo restringido, es posible encontrar disponibilidad de vehículos de transporte de pasajeros tanto de auto, station wagon, camioneta rural.

El tráfico del estudio tiene un índice medio diario semanal en la **estación puente chazutayacu**, IMDs de 138 vehículos y el IMD Proyectado es de **138** en el mismo lugar

#### **5.5. Diseño de pavimento**

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:

Para el **método de NAASRA** se utilizó:

CBR = 10.2, Valor del CBR de diseño de la subrasante.

Nrep = 469,005.19 Número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Obteniendo

$e = 234.15 \text{ mm.} = 23.42 \text{ cm.} \Rightarrow$  Redondeando

**Por lo que se está considerando**

**$e = 25.00 \text{ cm.}$**

Para el caso del método propuesto por la **USACE**, el diseño estructural considera,

igualmente, los valores establecidos para el tránsito y la capacidad de soporte de la subrasante, en base a estos parámetros se comprobó el espesor de la capa de afirmado.

Para los datos base del diseño:

CBR de Diseño = 10.2 % (Tabla 17).

Nrep. = 469,005.19 ejes equivalentes (Tabla 8A)

Para el Camino Vecinal se considera un espesor de afirmado de:

**$e = 8.5''$  (21.59 cm.) = 25.00 cm.**

**Por lo tanto el espesor del afirmado a considerar en el camino vecinal Chazuta – Shilcayo es de 0.25 m.**



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

El proyecto se encuentra localizado en el distrito de Chazuta, provincia y departamento de San Martín, por lo que debemos tener en cuenta las características de la zona referidos al clima, vegetación y la hidrografía.

Los trabajos referentes al levantamiento topográfico están referidos a coordenadas UTM con datum horizontal: WGS-84, se han dejado monumentados los Puntos de Control horizontal y vertical ubicada en cada una de las zonas en estudio respectivamente, con fines de replanteo de las obras proyectadas.

Las lluvias en la zona, permitieron tener una idea cabal de las obras de arte proyectadas.

Toda la información tomada en campo, el procesamiento y sus resultados fueron plasmados en planos topográficos que han sido alcanzadas a la entidad en una base de datos de acuerdo a las características geométricas de la vía.

De las muestras obtenidas de campo, de los ensayos de Laboratorio y después de efectuar los análisis respectivos, establecemos las siguientes conclusiones:

a) Los Sectores en donde es necesario mejorar la subrasante, son en los siguientes:

Del Km	Al Km	Longitud ( m )	Observación
00+750	01+250	500.00	Materiales o suelos finos o matriz fina, arcillas de mediana a alta plasticidad, suelos de tipo CL, CH, ML y Mh, según S.U.C.S. predomina las arcillas inorgánica de mediana plasticidad, con CBR muy pobre según el tipo de subrasante, por lo tanto, el material a emplear tendrá un $CBR \geq 10\%$ e $IP < 10$ , o en todo caso será similar
02+250	06+250	4,000.00	
06+750	08+250	1,500.00	
08+750	11+000	2,250.00	
<b>Total</b>		<b>8,250.00 m.</b>	

b) Para los tramos en donde se realizarán mejoramiento de la subrasante, el procedimiento de cálculo para determinar en sectores localizados, el espesor de material a reemplazar se aplicará en los tramos en donde la subrasantes son pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre  $CBR \geq 3\%$  y  $CBR < 6\%$ .

c) Calculándose según el siguiente cuadro de espesores recomendados de material a reemplazar: del cuadro N° 10, se puede determinar que el espesor recomendado para estabilización por sustitución de suelos es de 40 cm. por lo tanto, el material a emplear tendrá un CBR  $\geq 10\%$  e IP menor a 10, o en todo caso será similar.

d) Sectores en donde no es necesario mejorar la subrasante son los tramos:

Del Km	Al Km	Longitud ( m )	Observación
00+000	01+750	750.00	Materiales o suelos finos o matriz fina, arcillas de mediana a alta plasticidad, suelos de tipo CL, CH, ML y Mh, según S.U.C.S. predomina las arcillas inorgánica de mediana plasticidad, con CBR muy pobre según el tipo de subrasante, por lo tanto, el material a emplear tendrá un CBR $\geq 10\%$ e IP $< 10$ , o en todo caso será similar
01+250	02+250	1,000.00	
06+750	06+250	500.00	
08+750	08+750	500.00	
<b>Total</b>		<b>2,750.00 m.</b>	

e) Las canteras a utilizar por sus ubicaciones se encuentran fuera y dentro de la faja de dominio del Camino y pertenecen a propiedades fiscales, son las siguientes: canteras dl río Huallaga en las progresivas Km. 5+500 (Sector Tununtunumba), Km. 11+000 (Shilcayo), Km. 17+500 (Pendencia) y Propiedades de terceros, la cantera de material granular de cerro ubicado en el Km. 0+700, la cantera de ligante ubicado en el Km. 16+060 y las canteras para terraplenes y mejoramiento de subrasante ubicados en las progresivas, Km. 10+800, 13+600 y 14+000.

f) De las mezclas realizadas entre el material granular y ligante y el material granular de cerro son óptimos para las sub base y mejoramiento de subrasante, con la observación que para las bases se realizara otro análisis con piedra chancada, que se obtenga un CBR del 80 al 100%.

g) Se determinó las fuentes de agua y distancia a la obra, así mismo se tuvo en cuenta el tipo de fuente, calidad de agua y disponibilidad y variación estacional. En la época en que se realizó el estudio se encontraron varios puntos de agua, pero; solo se tomaron en cuenta los de mayor caudal y los que no afecten a las poblaciones cercanas, durante la posterior etapa de ejecución del proyecto.

**h)** Se determinó los depósitos de material excedente, más conocido como botaderos, determinándose la distancia a la obra, así mismo se tendrá en cuenta el tipo de botadero si es propiedad del estado o es privado. En la época en que se realizó el estudio se encontraron varios puntos de D.M.E., pero; solo se tomaron en cuenta los más cercanos y a los que no afecten a las poblaciones cercanas, durante la posterior etapa de ejecución del proyecto.

Se determinó según el manual para estudio de tráfico vehicular 2 factores de corrección en el mes de Enero, el equivalente para vehículos ligeros igual a 1.178276 y para vehículos pesados 1.100681, determinados para el tramo Moyabamba - Tarapoto.

Estos datos han sido procesados, obteniendo un índice medio diario semanal en la estación puente chazutayacu, se obtuvo un IMDs de 138 vehículos, los resultados del índice medio diario anual (IMDa), se ha obtenido un IMDa de **138** vehículos y el IMD Proyectado es de **138 vehículos** en la estación puente chazutayacu

Se concluye que los espesores calculados, son eficientes, analizado los métodos antes descritos, el tránsito futuro por el turismo y las condiciones climáticas de la zona (lluviosa) se ha adoptado para el tramo un espesor de:  **$e = 25$  cm**, para un periodo de diseño de **10 años** en este tipo de pavimentos, con mejoramiento de sub rasante de **40 cm**.

Estas soluciones están de acuerdo con los resultados logrados con los Métodos de diseño **NAASRA**, (**National Association of Australian State Road Authorities**, hoy **AUSTROADS**) y el método del **Cuerpo de Ingenieros del Ejército Norteamericano (USACE)**

El IMDa se determinó como el 50% del conteo realizado en la Estación “**Chazutayacu**” esto pertenece a la misma ruta pero diferente tramo, se realizó encuesta de posibles viajes hasta la localidad de Curiyacu.

En una construcción por etapas, las capas más profundas, serán respetadas en calidad y espesor. Esto permitirá que cuando la vía se encuentre en servicio, se logre recoger los parámetros de diseño reales basados de la toma directa de información. Estos parámetros permitirán contrastar los diseños efectuados y se podrá rectificar en lo ejecutado.

La Sub-rasante deberá ser compactada al 90% de la máxima densidad seca alcanzada por el ensayo de proctor modificado.

Para el caso de la capa de base (afirmado) el grado de compactación será de 100% con respecto al ensayo de proctor modificado.

Los trabajos de mantenimiento de la vía, corresponden a las actividades de mantenimiento acorde a las recomendaciones del MTC, corresponden tanto al mantenimiento periódico como preventivo.

## **6.2 Recomendaciones**

Luego de los estudios y de los resultados obtenidos, así como de las conclusiones anteriormente descritas, se emiten las siguientes recomendaciones:

- a) Debido a la presencia de suelos de fundación de baja capacidad de soporte, en todos los tramos, sensibles al cambio de volúmenes por la presencia de agua de escorrentías (suelos arcillo-limo-arenosos); por lo que se recomienda asegurar una buena compactación, con un mínimo de 95% de compactación del Proctor Modificado, un buen sistema de drenaje y adecuado bombeo.
- b) A fin de poder realizar adecuadamente la mezcla recomendada de afirmado en las proporciones antes mencionadas, se sugiere realizarlo en obra, por salir más económico y rápido.
- c) Luego de comprobar que las características de las canteras a usar, cumplen con las especificaciones técnicas y que son apropiadas para este fin, recomendamos perfilar, escarificar y batir; en un espesor diseñado según cálculos en el estudio del Diseño de Pavimentos.
- d) Proporcionar pendientes transversales (bombeo) adecuados.
- e) Considerar las cunetas, obras de arte menor, tales como tajeas y alcantarillas con la

finalidad de evacuar de manera rápida las aguas superficiales del pavimento, como consecuencia de las precipitaciones pluviales.

**f)** Efectuar un mantenimiento periódico de las obras de drenaje, a fin de que el agua discurra con facilidad.

**g)** Limpieza y eliminación de material contaminado, barro y vegetación.

**h)** Escarificar el material existente a nivel de rasante, el retiro de material superior a 3", luego mezclar el material logrando su humedecimiento apropiado, para una buena compactación y perfilado final de acuerdo con las Especificaciones, dimensiones, alineamiento y pendientes señalados en los planos del Proyecto y las instrucciones del Supervisor.

**i)** Luego de mejorar la actual rasante de debe obtener una superficie plana donde colocar la capa de material de cantera, con espesor uniforme.

**j)** Compactación final con rodillo vibrante, hasta alcanzar un grado de compactación mínima del 100% del Proctor Modificado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bardales, B. (2014), presentó un trabajo denominado “*Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal Tioyacu – La Victoria Tramo: Km 0+000 - Km 4+520*”.

Cosavalente, N. (200) *Asfaltado Jr. Alfonso Ugarte: Presupuesto y programación, Tramo I Km 0+000 - Km 1+122.683*, Informe de Ingeniería, Tarapoto Perú.

Instituto Nacional de Estadística e Informática, Censo Poblacional, Año 2007.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Especificaciones Técnicas de Rehabilitación Mejoramiento y Mantenimiento de Caminos Vecinales; Lima Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Manual Ambiental para la Rehabilitación y Mantenimiento de Caminos Rurales, Lima Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, Lima Perú.

Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción: Reglamento de Señalización, Lima Perú

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras y Normas para el Diseño de Caminos Vecinales, Lima Perú.

Ponce, J. (2002) *Estudio Definitivo a nivel de ejecución del Camino Vecinal Calzada - Sector Potrerillo Km 0+000 - Km 2+920*, Informe de Ingeniería, Tarapoto Perú.

Portal del Estado Peruano ([http:// www. peru.gob.pe/ directorio](http://www.peru.gob.pe/directorio)).

Ríos, C. (2001) *Diseño Geométrico y Asfaltado de la Avenida Circunvalación - Tarapoto*, Informe de Ingeniería, Tarapoto Perú.

Rodríguez, W. (2002) *“Aprendiendo a Programar y Controlar obras aplicando el Project 2000 para Windows”*, Segunda Edición, Lima - Perú.

Valles, R. (1954) *Carretera, Calles y Aeropistas*, Editorial Imprenta López - Perú 666, segunda edición, Caracas – Venezuela.

## **ANEXOS**



## **PANEL FOTOGRÁFICO**



**FOTO N°01:** Realizando la evaluación técnica del pontón KM. 00+820 en el tramo de la carretera Chazuta – Shilcayo.



**FOTO N°02:** Se puede observar el mal estado en el que se encuentra la plataforma que cubre a la alcantarilla que se ubica en la progresiva Km 2+460, la cual está repleta de vegetación en el cauce y cerca del cabezal.





**FOTO N°03:** Se observa la acumulación de agua sobre la plataforma, la cual colapsará sino se proyecta cunetas para aliviar estas aguas.



**FOTO N°04:** La situación actual en la que se encuentra el puente de madera que cruza el río Tununtunumba KM: 04+240, colapsado debido a la máxima avenida del río.



**FOTO N°05:** Se observa parte del puente colapsado que cruza el río Tununtunumba KM: 04+240 aguas arriba.



**FOTO N° 06:** El río Cumbasino que se encuentra en el KM: 05+960, con presencia de máxima avenida, producto de las constantes precipitaciones.





**FOTO N°07** Se observa un puente de madera, que se encuentra entre las alcantarillas con progresiva Km 8+190, la cual en un futuro necesitará un puente de concreto armado.



**FOTO N°08:** El río Lluçanayacu KM: 08+960 aguas arriba, con una presencia de turbidez y caudal elevado, el cual dificulta la transitabilidad.



**FOTO N°09:** Señal informativa de la localidad de Shilcayo, la cual se encuentra al margen derecho de la vía, la cual es el punto final de la inspección de campo realizada.

## **ESTUDIO DE SUELOS, CANTERAS Y FUENTE DE AGUA**

## PLANOS